PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Digitale schakelingen

Leerlingboek DS 2

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

Tweede, herziene druk 1977
Vierde, herziene druk 1980
Vijfde druk 1981

PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Digitale schakelingen

Leerlingboek DS 2

Philips Nederland B.V.- Afd. Onderwijsactiviteiten

OVER DEZE SCANS
Als basis voor deze scans hebben wij gebruik gemaakt van de door 'Freeservicemanuals' in 2018 gemaakte scans. Wij hebben de pagina's van deze scans echter zorgvuldig naar de originele staat gerestaureerd, onder andere door alle persoonlijke notities en de antwoorden op alle oefeningen en vragen te verwijderen.

Tweede, herziene druk 1977
Vierde, herziene druk 1980
Vijfde druk 1981

INHOUDSOPGAVE

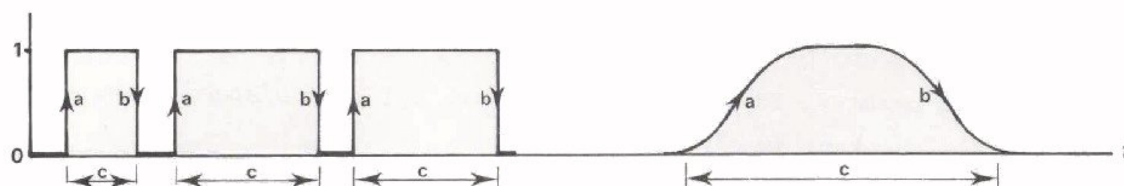
b

D 14

BLOKVORMIGE SPANNINGEN

INLEIDING

In de eerste tien lessen *"digitale techniek"* zijn de drie digitale BASISFUNCTIES besproken: de AND, de OR en de NOT. Met deze basisfuncties hebben we combinaties gemaakt, de *functies*: NAND, NOR, EX-OR, comparator en SR flip-flop. Tenslotte hebben we uit bovengenoemde functies enkele eenvoudige digitale *systemen* opgebouwd, namelijk een alarm-systeem en een schuifdeuren-systeem. Voor een goede werking vereisen de meeste digitale functies en systemen *blokvormige* spanningen, waarvan de *"flanken"* voldoende steil zijn. In sommige gevallen is ook de *"impulsduur"* van belang.



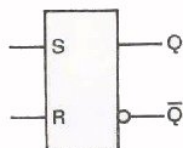
IDEALE BLOKVORM — NIET-IDEALE BLOKVORM

a = vóórflank (sprong van 0 ⟶ 1)
b = achterflank (sprong van 1 ⟶ 0)
c = impulsduur (tijdsduur van a ⟶ b)

In de voorgaande lessen zijn we in de oefeningen en huiswerkopgaven steeds uitgegaan van ideale *blok*-vormige spanningen zowel aan de ingang als aan de uitgang van een schakeling. Bij de opdrachten hebben we voor het verkrijgen van "nullen" en "enen" gebruik gemaakt van schakelaars en van de *blok*-generator-modul. In de praktijk echter hebben we deze "mooie" blokvormige ingangsspanningen meestal niet zonder meer ter beschikking. Ook de uitgangsspanning van digitale schakelingen kan door allerlei oorzaken afwijken van de ideale blokvorm.

In deze les bespreken we een tweetal schakelingen waarmee we een blokvormig signaal kunnen verkrijgen. De volgende les laat zien hoe een niet-blokvormige spanning omgevormd kan worden tot een blokvormige spanning met voldoende "flanksteilheid". Ook zullen we daarin zien hoe een kortstondige spanningspiek omgevormd kan worden tot een blokvormige impuls mét een bepaalde "impulsduur".

DE SR FLIP-FLOP VOOR HET VERKRIJGEN VAN BLOKVORMIGE SPANNINGEN



We bekijken nog eens de reeds besproken SR flip-flop. Wordt er éven een "1" toegevoerd aan ingang S dan worden de uitgangen onmiddellijk: Q = 1 en $\bar{Q}$ = 0. Deze toestand blijft bestaan ook nadat S weer 0 geworden is.

De schakeling verkeert in een "niet uit zichzelf veranderende toestand". Men noemt dit een *stabiele* toestand.

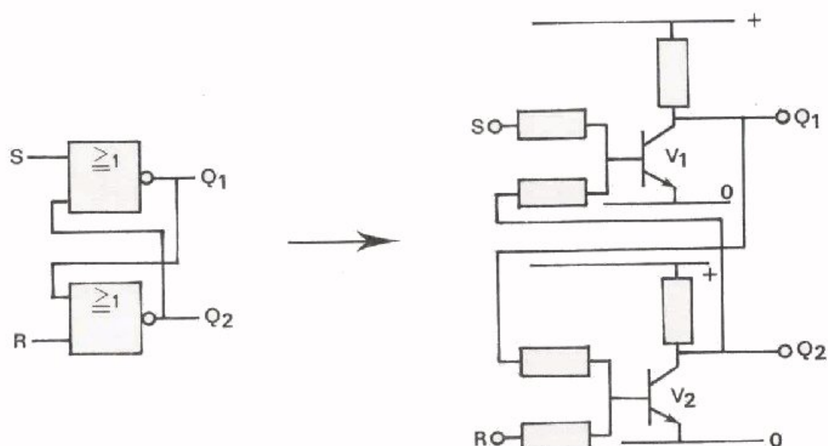
Er verandert pas iets als we even een 1 toevoeren aan ingang R. Dan worden de uitgangen onmiddellijk: Q = 0 en $\bar{Q}$ = 1. Voeren we nogmaals even een 1 toe aan R dan gebeurt er weer niets. Deze toestand "Q = 0 en $\bar{Q}$ = 1" is dus ook een *stabiele* toestand.

Men zegt dat deze schakeling *twee* stabiele toestanden heeft: "Q = 0 en $\bar{Q}$ = 1" en "Q = 1 en $\bar{Q}$ = 0".
Men noemt de SR flip-flop daarom ook wel een *bistabiele multivibrator* (*bi* betekent *twee*).

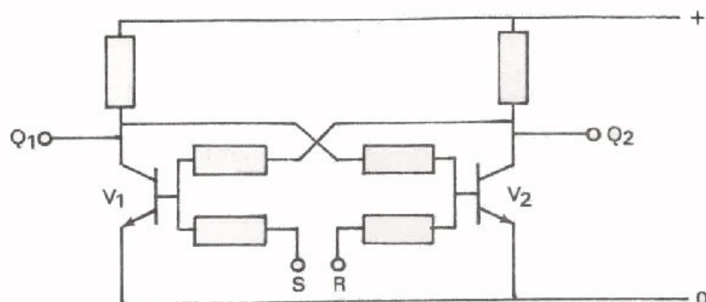
Voeren we beurtelings aan de S- en de R-ingang even een 1 toe, dan ontstaat er aan de uitgang Q een blokspanning. Aan de uitgang $\bar{Q}$ ontstaat een blokspanning die tegengesteld is aan die op Q.

Het bovenstaande geldt zowel voor de 2NOR flip-flop als voor de 4NAND flip-flop. Het geldt ook voor de 2NAND flip-flop, maar dan moeten we telkens even een "0" toevoeren, i.p.v. een "1".

We bekijken een 2NOR flip-flop bestaande uit twee RTL-NOR's.



Dikwijls ziet men de bistabiele multivibrator getekend zoals in onderstaande figuur.



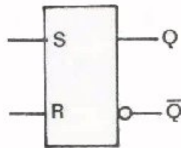
We gaan de werking nog eens na aan de hand van de volgordetabel.

S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0
0	0	?	?

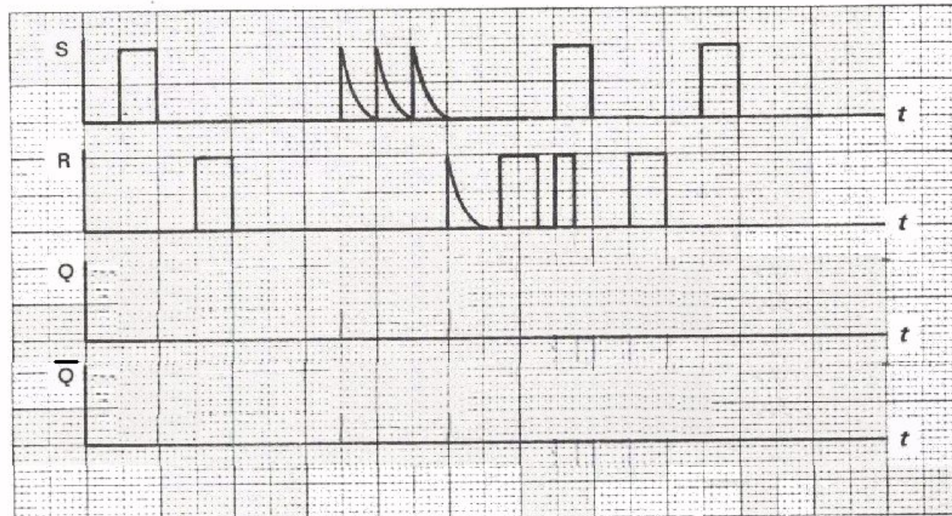
- Wordt S met de + en R met 0V verbonden (S = 1 en R = 0), dan wordt V_1 geleidend, waardoor Q1 = 0 wordt en is V_2 afgeknepen. Dus Q1 = 0 en Q2 = 1.
- Wordt S daarna óók met 0V verbonden (S = 0 en R = 0), dan blijft U_{BE1} positief dankzij Q2; V_1 blijft geleidend. U_{BE2} blijft nul dankzij Q1; V_2 blijft afgeknepen. (stabiele toestand). Dus blijft Q1 = 0 en Q2 = 1.
- Wordt vervolgens R verbonden met de + (S = 0 en R = 1), dan wordt V_2 geleidend en wordt Q2 = 0; de schakeling "klapt om".
- Wordt R weer verbonden met 0V (S = 0 en R = 0), dan blijft voorgaande toestand bestaan (stabiele toestand).
- Worden S én R beiden met de + verbonden (S = 1 en R = 1), dan geleiden beide transistors en is zowel Q1 = 0 als Q2 = 0. (dit is géén stabiele toestand).
- Worden S én R nu beide met 0V verbonden (S = 0 én R = 0), dan zal één van de transistors altijd iets eerder afgeknepen worden dan de andere, waardoor die andere geleidend blijft. De flip-flop neemt één van de *twee* stabiele toestanden aan. Is de schakeling volkomen symmetrisch, dan staat niet vast welke transistor afgeknepen wordt; de ene keer is het V_1, de andere keer is het V_2. Dit hangt ook af van het moment, waarop S en R "0" worden; is S zelfs maar een fractie van een seconde eerder "0" dan R dan wordt V_1 afgeknepen en blijft V_2 geleidend. Is de schakeling niet volkomen symmetrisch, dan wordt steeds dezelfde transistor het eerst afgeknepen. Welke transistor dat is kan men van te voren niet weten.

Hetzelfde effect treedt op bij het inschakelen van de voedingsspanning voor de SR flip-flop. Zijn op het moment van inschakelen beide ingangen met 0V verbonden, dan neemt de flip-flop één van zijn stabiele toestanden aan.

OEFENING



Deze bistabiele multivibrator is opgebouwd uit vier NAND's. Teken de uitgangstoestand Q en $\bar{Q}$ bij de gegeven toestanden van S en R.

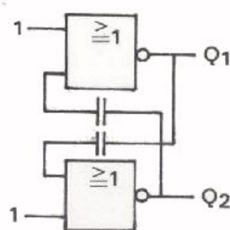


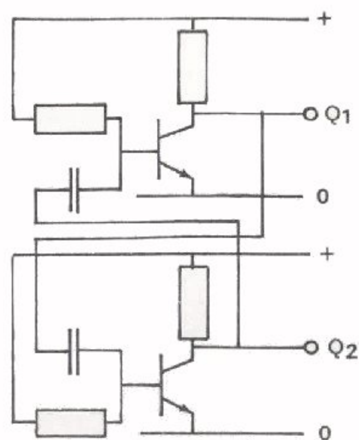
HET OPWEKKEN VAN EEN BLOKSPANNING

De uitgangstoestand van een bistabiele multivibrator verandert niet uit zichzelf. De impuls-duur van de blokvormige uitgangsspanning wordt bepaald door het moment van "setten" of "resetten". We moeten zelf een signaal toevoeren aan de ingang om een verandering aan de uitgang te verkrijgen.

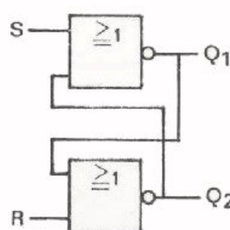
Er bestaat ook een multivibrator-schakeling die uit zichzelf een blokspanning opwekt, zonder dat er een ingangssignaal wordt toegevoerd. De uitgangen worden daarbij in een vast ritme Q = 1 en $\bar{Q}$ = 0 of Q = 0 en $\bar{Q}$ = 1. Deze schakeling kent geen stabiele toestanden en wordt daarom ook wel *astabiele multivibrator* genoemd. Een andere benaming is: *vrijlopende multivibrator*.

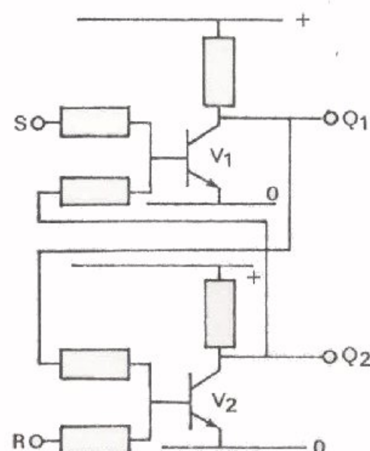
De opbouw lijkt sterk op die van de bistabiele multivibrator. De koppeling tussen de uitgangen en de ingangen worden echter niet door weerstanden, maar door middel van *condensators* tot stand gebracht.





ASTABIELE M.V.B.

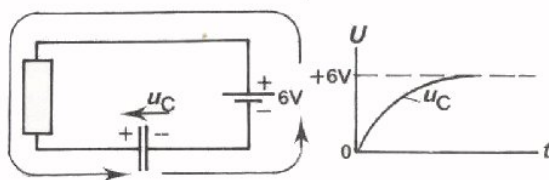




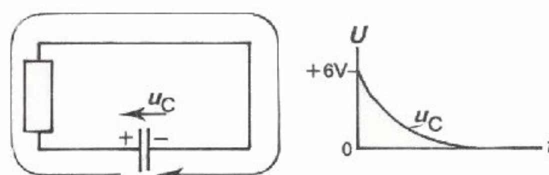
BISTABIELE M.V.B.

Om de werking van de *astabiele* M.V.B. te kunnen verklaren, gaan we eerst de functie van de *condensators* afzonderlijk bekijken.
We besteden daar wat extra aandacht aan, omdat ditzelfde principe ook toegepast wordt in een van de schakelingen die in de volgende les besproken wordt, namelijk de *monostabiele* M.V.B.

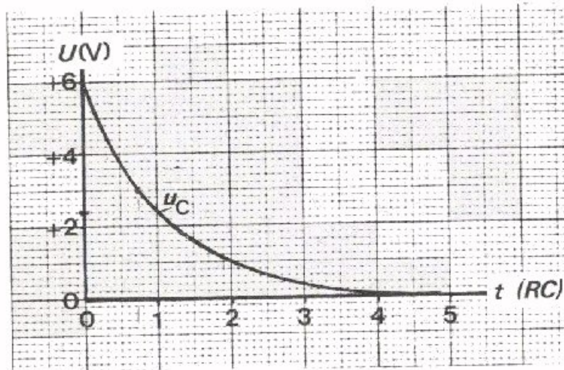
HET LADEN EN ONTLADEN VAN EEN CONDENSATOR



- Sluiten we een *ongeladen* condensator via een weerstand aan op een gelijkspanning van 6 V, dan wordt de condensator geladen van 0 V tot 6 V. Bekijken we de spanning van de linker plaat t.o.v. de rechter plaat, dan is u_C = + 6 V.



- Ontladen we de *geladen* condensator via een weerstand dan daalt de spanning u_C van + 6 V naar 0 V.



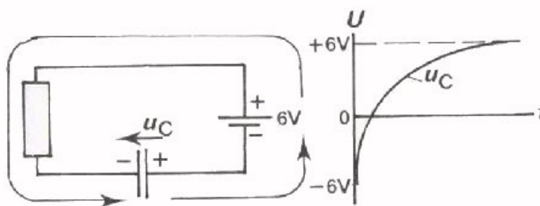
- Bekijken we deze ontlaadkromme wat nauwkeuriger, dan zien we dat de spanning op de condensator op het moment $t = RC$ gedaald is tot 37% van zijn beginwaarde. (37% van 6 V is 2,22 V).

- In de grafiek is de condensatorspanning u_C op het moment "1 *RC*" gedaald tot:

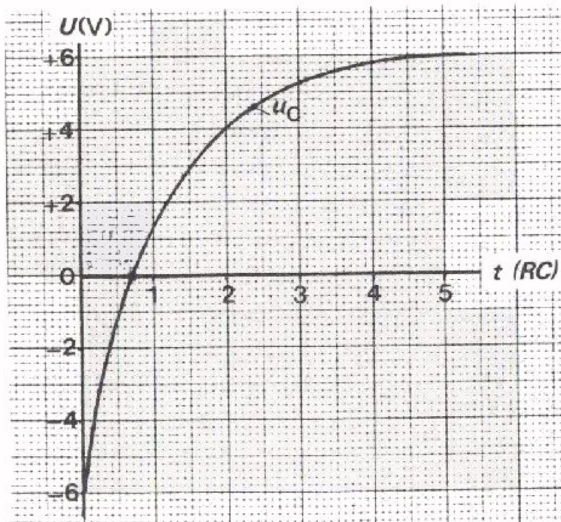
u_C = [V]

Bij welke *RC*-tijd is de condensatorspanning gedaald tot de *helft* van zijn beginwaarde ? Bij t = [*RC*]

We zeggen: "Een condensator ontlaadt zich tot de *helft* van zijn beginspanning, in een tijd die gelijk is aan 0,7 *RC*".



- Verbinden we de −zijde van een *geladen* condensator via een weerstand met de + van een spanningsbron en de +zijde van de condensator met de − van de spanningsbron, dan verandert de condensatorspanning u_C van −6 V naar +6 V.
In totaal dus een verandering van 12 V.



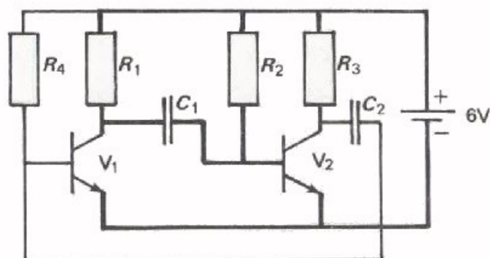
- Bekijken we ook déze grafiek wat nauwkeuriger, dan zien we dat de condensatorspanning u_C op het moment "0,7 *RC*" gedaald is

tot [37%/de helft] van "12 V": [V.]

De spanning is dan: [V]

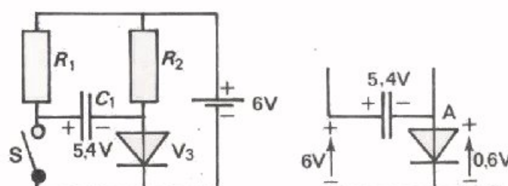
"De spanning daalt tot 0 V in 0,7 *RC* s.

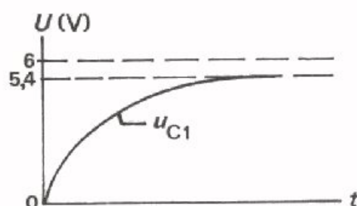
DE CONDENSATOR IN DE ASTABIELE MULTIVIBRATOR



Hier zien we het schema van de astabiele multivibrator op een andere manier getekend. Vergelijk dit schema eens aandachtig met dat op blad 5.
Op de nu volgende bladzijden gaan we dit schema "stap voor stap" opbouwen en verklaren.

We hebben zojuist het gedrag van een condensator onder verschillende omstandigheden nog eens bekeken.
We beperken ons voorlopig tot het dik getekende gedeelte van de astabiele multivibrator, waarin zich de condensator C_1 bevindt. Voor het gemak stellen we CE van V_1 even voor door een schakelaar S en de BE-overgang van V_2 door een diode V_3. Vergelijk onderstaand schema met het dik getekende deel van de complete schakeling hierboven.





Schakelaar S "open".

- In deze schakeling loopt een stroom van de +, door R_2 en de diode V_3 naar de −. Over diode V_3, dus op punt A staat een spanning van ongeveer + 0,6 V.

- Bij geopende schakelaar S, bevindt de condensator zich tussen:
  - onderzijde van R_1 (met een spanning van + 6 V)
  - punt A (met een spanning van ca. + 0,6 V).

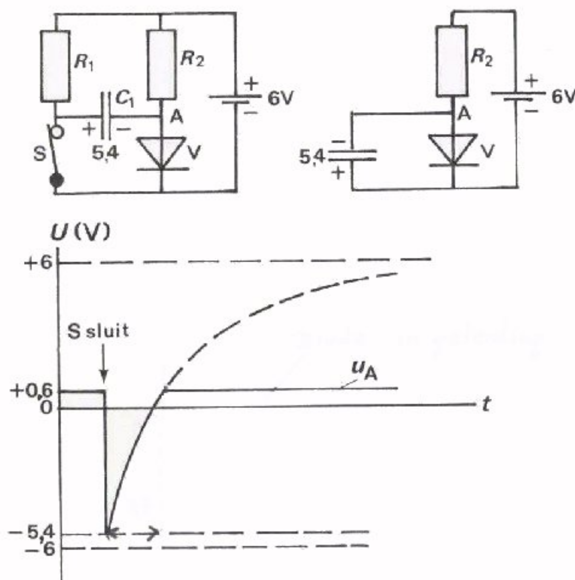
  De condensator is geladen tot ca. 5,4 V door een laadstroom vanaf de + van de voedingsbron, via R_1 en de geleidende diode V_3 naar de − van de voedingsbron.

- De *laad*-tijd wordt bepaald door

R... en *C*...

.

Schakelaar S "gesloten".



- Sluiten we de schakelaar S, dan wordt de + van de geladen condensator via S verbonden met de – van de voedingsbron. De condensator staat nu *parallel* aan de diode.

- We bekijken het verloop van de spanning u_A. Op het moment dat de schakelaar sluit, wordt de spanning op punt A plotseling: -5,4 V. De diode spert! De condensator begint zich te ontladen via S, de voedingsbron en de weerstand R_2. De ontlading zet zich voort tot u_A = 0 V.

Vervolgens neemt de spanning in omgekeerde richting toe; de condensator wil zich laden tot +6 V (zie stippellijn). Bereikt de spanning op punt A echter de waarde +0,6 V, dan begint de diode weer te geleiden, en *blijft* u_A = +0,6 V.

CONCLUSIE: de *ontlaad*-tijd van C_1 is afhankelijk van | *R* en *C* |.

VRAAG

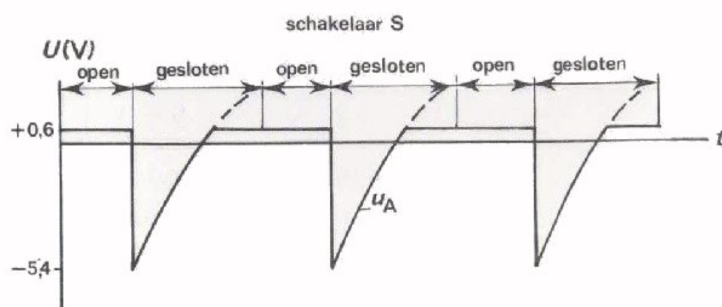
In hoeveel tijd verandert u_A van - 5,4 V naar + 0,6 V ?

$t \simeq$ | . *R* . *C* |

HET BEURTELINGS OPENEN EN SLUITEN VAN DE SCHAKELAAR

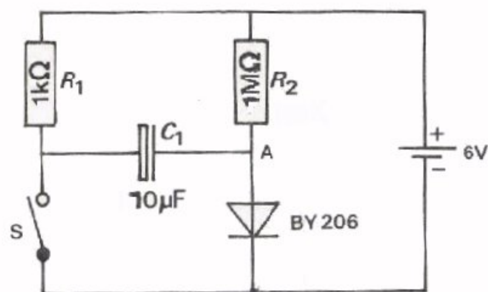
We hebben gezien dat de spanning u_A over de diode bij geopende schakelaar ca. + 0,6 V bedraagt. Bij het sluiten van de schakelaar wordt u_A plotseling - 5,4 V om geleidelijk weer + 0,6 V te worden.

Wat gebeurt er als we de schakelaar in een bepaald ritme sluiten en openen ?



- Bij *open* schakelaar is de spanning op punt A: + 0,6 V
- Bij het *sluiten* van de schakelaar "springt" de spanning op punt A van + 0,6 V naar - 5,4 V.
- Bij *gesloten* schakelaar verandert deze spanning geleidelijk van - 5,4 V naar + 0,6 V. Hoelang dit duurt is afhankelijk van de waarde van R_2 en C_1.
- Bij het *openen* van de schakelaar blijft de spanning: + 0,6 V.
- Wordt de schakelaar weer *gesloten* dan "springt" de spanning weer naar - 5,4 V, enz.

OPDRACHT



Gebruik de oscilloscoop met een meetkop 1:10.
Stand Y-kanaal 0,1 V/cm.
Tijdbasis uitgeschakeld.

- Bouw deze schakeling.
- Meet met behulp van een oscilloscoop de spanning u_A:

  Bij open schakelaar

  u_A = [V]

  Op het moment dat de schakelaar gesloten wordt.

  u_A = [V]

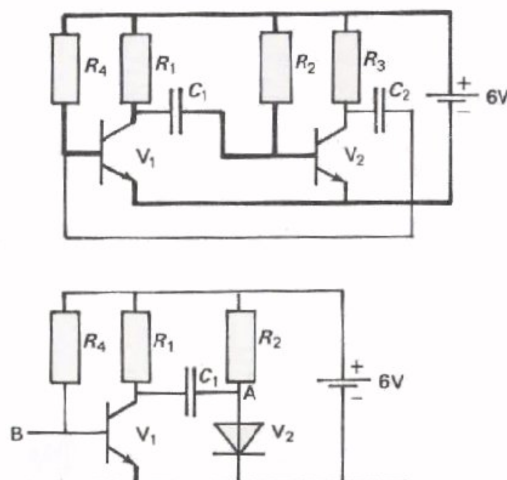
- *Meet* met behulp van Uw horloge de tijdsduur waarin u_A verandert van − 5,4 V naar + 0,6 V. Herhaal dit enkele keren.

  t = [s]

- *Bereken* deze tijd.

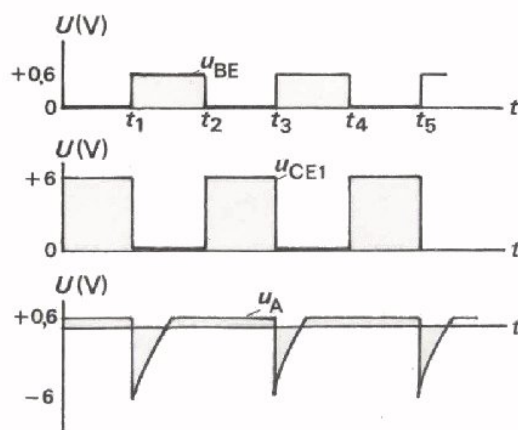
  $t = 0{,}7R_2C_1$ = [s]

TRANSISTOR V1 ALS SCHAKELAAR



We bekijken een iets groter gedeelte van de complete schakeling. Transistor V_1 is nu niet meer voorgesteld door een schakelaar. Het dik-getekende deel hebben we weer afzonderlijk getekend.

- Wordt ingang B kortgesloten (U_{BE} = 0 V), dan is de transistor gesperd ("S open").



- Wordt ingang B "open" gelaten dan is de basis van V_1 via R_4 verbonden met + 6 V (u_{BE} = + 0,6 V). De transistor is dan in geleiding en CE van V_1 gedraagt zich vrijwel als een kortsluiting ("S gesloten").
- We maken u_{BE} afwisselend 0 V en + 0,6 V (zie grafiek).
- Gedurende de tijd t_0-t_1 is U_{BE} = 0 V en is de transistor gesperd (U_{CE} = + 6 V).

  - De spanning u_A op de diode V_2 is dan: u_A = [V] .
  - De diode V_2 is [**geleidend/gesperd**] .
  - De condensator wordt geladen tot: [V] .

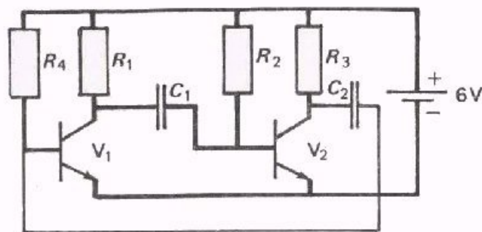
- Gedurende de tijd t_1-t_2 is u_{BE} = + 0,6 V.
  Op het moment t_1 wordt V_1 geleidend en u_{CE} ≃ 0 V.

  - De spanning u_A wordt plotseling [V] en de diode wordt [**geleidend/gesperd**] .
  - De condensator ontlaadt zich geleidelijk, via de voeding en R_2, tot 0 V en wordt vervolgens in omgekeerde richting geladen.
  - Zodra u_A = [+ V] , wordt de diode [**geleidend/gesperd**] .

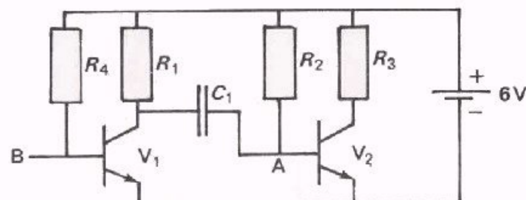
- Op het moment t_2 wordt u_{BE} weer 0 V. De transistor spert en de condensator wordt via R_1 weer geladen tot 5,4 V. De spanning op punt A *blijft* : + 0,6 V.
- Pas op het moment t_3 wordt u_{BE} weer "hoog" en de transistor geleidend waardoor u_A plotseling - 5,4 V wordt.

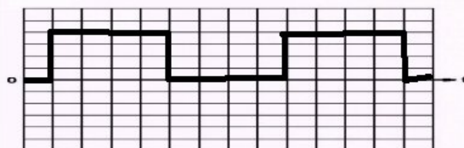
CONCLUSIE

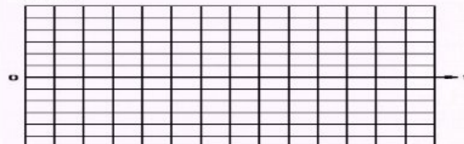
Bij een *positieve* spannings-"sprong" op de basis van V_1, ontstaat een *negatieve* spannings-"sprong" over de diode V_2.

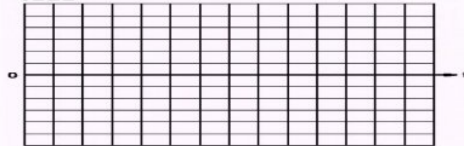


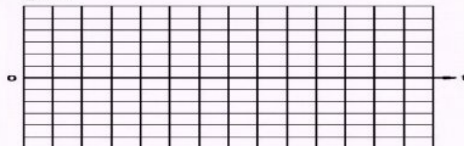
Tot nu toe hebben we de BE-overgang van V_2 gemakshalve voorgesteld door een diode V. Nemen we, in plaats van de diode, de transistor V_2 met zijn collectorweerstand R_3, in onze schakeling op, dan ziet de schakeling er als volgt uit: (Vergelijk de schakeling weer met het dik-getekende deel van het complete schema boven).











- Beantwoord de vragen en schets het verloop van de spanningen.
  - Condensator C_1 wordt *geladen* via:

    | R en van V | .

  - Condensator C_1 wordt *ontladen* via:

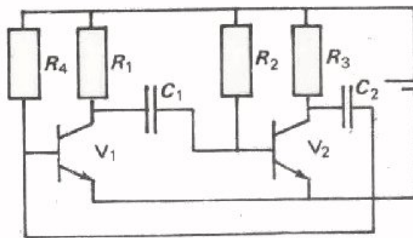
    | R en van V | .

  - Schets het verloop van de spanning op de collector van V_1, bij de gegeven spanning u_{BE1}.
  - Schets het verloop van de spanning op de basis van V_2. (Neem daarbij aan dat: 0,7 R_2C_1 = 1,5 ms).
  - Schets tenslotte het verloop van de spanning op de collector van V_2.

CONCLUSIE

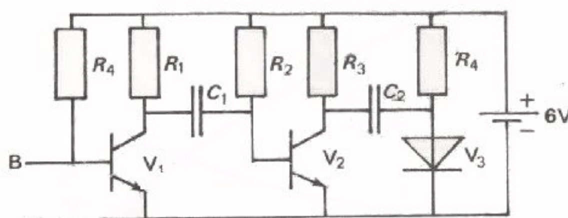
Wordt aan de basis van V_1 een positieve spanningssprong toegevoerd, dan verschijnt op de collector van V_2 een | vormige | impuls met een tijdsduur van | ms | .

HET TERUGVOEREN VAN HET UITGANGSSIGNAAL NAAR DE INGANG

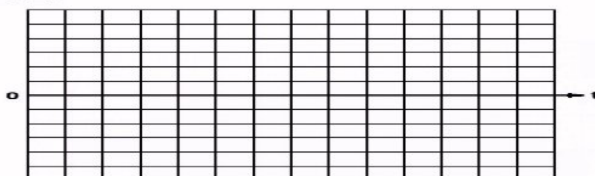


We bespreken nu de laatste "stap" in de opbouw van het schema van de astabiele multivibrator. Het is de verbinding tussen de collector van V_2 en de basis van V_1, die gevormd wordt door de condensator C_2.

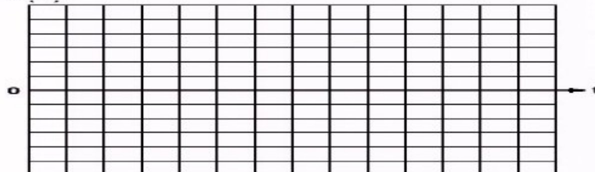
In ons "opbouw"-schema stellen we de BE-overgang van V_1 voor het gemak even voor door een diode V_3 aan de uitgang. De basisweerstand R_4 is tweemaal getekend; éénmaal als R_4 en éénmaal als "R_4". Zij stellen dezelfde weerstand voor.



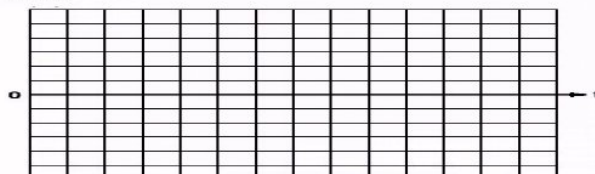
UBE1



UBE2



UCE2



- We bekijken het verloop van de verschillende spanningen door deze zélf te tekenen.

- Als de basis van een van de transistors plotseling negatief wordt

stijgt/daalt plotseling de

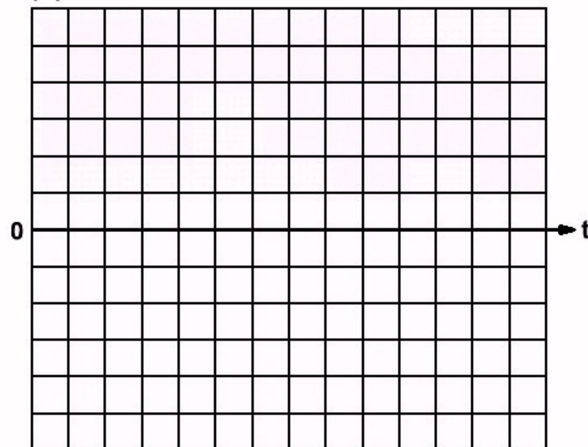
collectorspanning van die transistor.

- De tijdsduur, waarin V_2 telkens gesperd is, hangt af van de componenten:

- Bij de gegeven *R*- en *C*-waarden bedraagt deze tijdsduur:

$R \times C =$

- Teken de spanningen u_{BE2} en u_{CE2}, rekening houdend met deze tijdsduur.



Merk op dat de schakelingen

R_1, CE-V_1, C_1, R_2 en BE-V_2

en

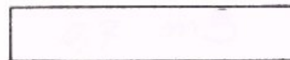
R_3, CE-V_2, C_2, "R_4" en V_3

wat betreft hun opbouw en de waarde van de componenten volkomen hetzelfde zijn. De gehele schakeling bestaat in feite uit twee gelijke deelschakelingen.

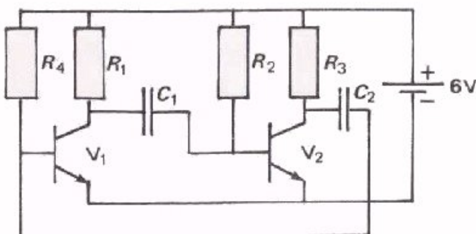
- Teken de spanning u_{V3}.

CONCLUSIE

Wordt de collectorspanning van V_2 plotseling "laag", dan wordt de spanning op de diode V_3 plotseling negatief en blijft gedurende "een bepaalde tijd" negatief. (klopt dit met hetgeen U zelf getekend hebt ?).

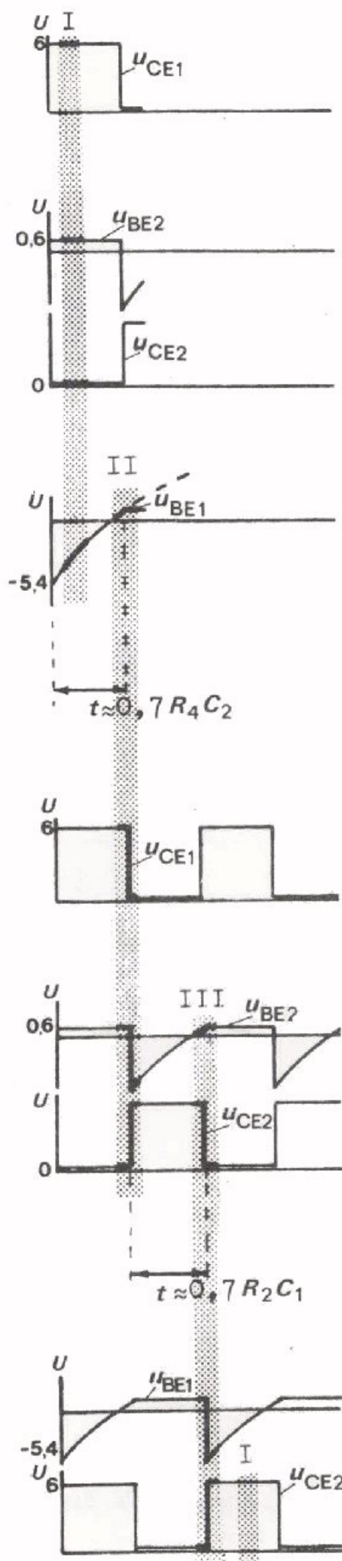
- De "bepaalde tijd" duurt hier 

HET VOLLEDIGE SCHEMA



Stellen we de ingang van V_1 niet meer voor door diode V_3 en weerstand "R_4", maar verbinden we C_2 rechtstreeks met de basis van V_1, dan verkrijgen we het volledig schema van de astabiele multi-vibrator.

Wat we in voorgaande bladen "stap voor stap" hebben opgebouwd, bekijken we nu in het complete schema.



- Veronderstel dat V_1 gesperd is.
  Dan is u_{CE1} = 6 V.
- Condensator C_1 wordt geladen via R_1 en BE-V_2.
  u_{BE2} = + 0,6 V.
- Omdat U_{BE2} = 0,6 V, is V_2 geleidend en $u_{CE2} \simeq 0$ V.
- We veronderstellen dat C_2 nog geladen is. Omdat u_{CE2} = 0 V, is C_2 zich aan het ontladen via CE-V_2, de voeding en R_4. u_{BE} van V_1 verandert geleidelijk van - 5,4 V naar + 0,6 V.
- Dit duurt ca. 0,7 R_4C_2 seconde. Zolang u_{BE1} nog geen + 0,6 V is, blijft V_1 gesperd. Van deze toestand "V_1 gesperd" zijn we in het bovenste grafiekje uitgegaan.

II
- Zodra u_{BE1} = + 0,6 V wordt (ten gevolge van C_2) gaat V_1 geleiden; $u_{CE1} \simeq 0$ V.
- De inmiddels geladen C_1 komt daardoor plotseling tussen basis en emitter van V_2 staan; u_{BE2} wordt plotseling - 5,4 V.
- Doordat u_{BE2} negatief wordt, spert V_2; u_{CE2} = 6 V. C_2 wordt snel geladen tot 5,4 V via R_3 en BE-V_1.
- De spanning op C_1 verandert in ca. 0,7 R_2C_1 seconde van - 5,4 V naar + 0,6 V. Gedurende deze tijd blijft V_2 gesperd en is V_1 geleidend.

III
- Zodra U_{BE2} + 0,6 V wordt (ten gevolge van C_1), gaat V_2 weer geleiden (U_{CE2} = 0 V) en wordt u_{BE1} plotseling - 5,4 V; V_1 spert weer u_{CE1} = 6 V).
- De situatie is nu gelijk aan die van het begin. (Zie I).

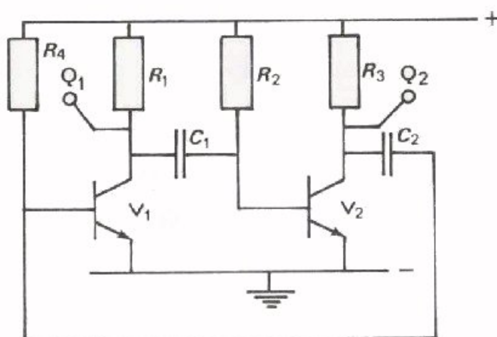
Het beurtelings ontladen van C_1(via R_2) en C_2(via R_4) blijft zich op deze wijze herhalen.
Op de collectors van V_1 en V_2 is een blokspanning beschikbaar, waarbij geldt dat u_{CE1} en u_{CE2} tegengesteld zijn.

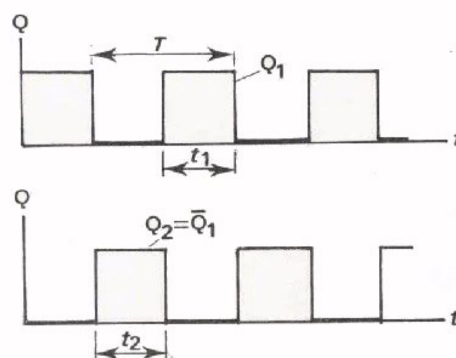
DE FREQUENTIE VAN DE BLOKSPANNING

De astabiele multivibrator is een schakeling die een blokspanning met een bepaalde frequentie kan leveren. Men noemt deze schakeling ook wel een *blokgenerator*.

Op voorgaand blad hebben we gezien dat op de collector van beide transistors een blokspanning ontstaat. De twee collectors zijn de twee uitgangen van de schakeling. De blokspanning op de ene uitgang is steeds "tegengesteld" aan die op de andere uitgang; $Q_1 = \bar{Q}_2$.

Wat is de frequentie van deze blokspanning ? We bekijken in de vorm van een invul-oefening de frequentie van de blokspanning.





- Gedurende welke tijd is u_{CE1} = + 6 V? t_1 = [.R C]

- Gedurende welke tijd is u_{CE2} = + 6 V? t_2 = [. R C]

De frequentie van de blokspanning is eenvoudig te berekenen, als we de periodetijd T kennen.

- Wat is de periodetijd T van deze blokspanning, uitgedrukt in R en C ?

  T = [+]

- Wat is de frequentie van de blokspanning ?

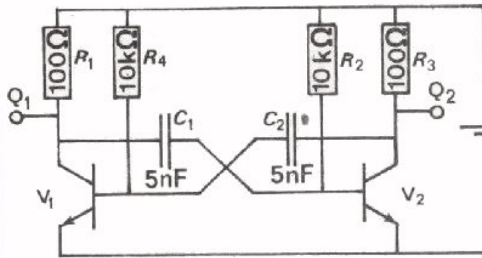
  f = [ ]

- Als bekend is dat: $R_1 = R_3$, $R_2 = R_4$ en $C_1 = C_2$, kunnen we de formules voor T en f dan eenvoudiger schrijven ?

  T = [ ]

  f = [ ]

EEN ANDERE TEKENWIJZE VOOR HET SCHEMA

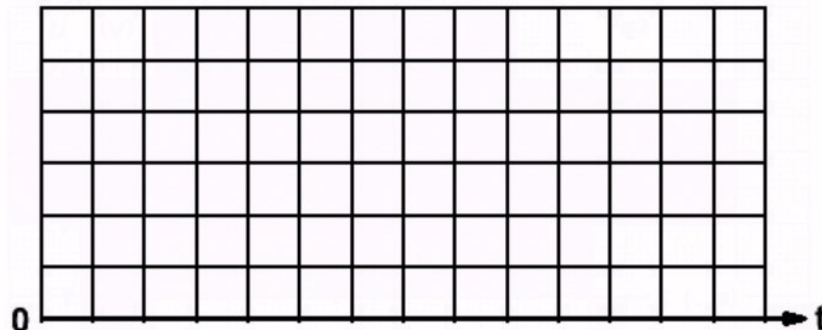


Het schema van de astabiele multivibrator wordt dikwijls op nevenstaande wijze getekend. Herkent U de schakeling ?

- C_1 wordt geladen via [ ]
- C_1 wordt ontladen via [ ]
- C_2 wordt geladen via [ ]
- C_2 wordt ontladen via [ ]
- Transistor V_1 wordt gesperd door de **negatieve/positieve** spanning van condensator [ ] .
- Hoe lang is V_1 telkens gesperd bij de gegeven waarden ?

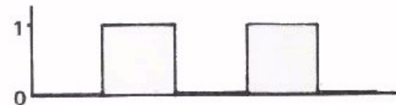
  [ ]
- Transistor V_2 wordt gesperd door de **negatieve/positieve** spanning van condensator [C1] .
- Hoe lang is V_2 telkens gesperd bij de gegeven waarden ?

  [ ]
- De frequentie van de af te nemen blokspanning is [Hz] .
- Teken de spanning u_{Q2}. (Vul zelf de waarden in).

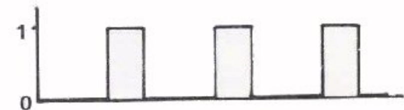


SYMMETRISCHE - EN ASYMMETRISCHE BLOKSPANNINGEN

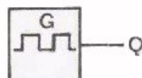
- Bij een werkende astabiele multivibrator bevindt zich op de basis van beide transistors een soort zaagtandspanning en op de collectors een blokspanning. De blokspanning op de collector van V_1 is tegengesteld aan die op V_2.
- De frequentie van de blokspanning kan veranderd worden door de producten van basisweerstanden en condensators ($R_B.C$) te veranderen. Als *RC*-producten *gelijk* zijn dan is de blokspanning, die van de astabiele multivibrator afgenomen wordt, *symmetrisch*.
  Hierbij is de tijd, waarbij de spanning "1" is, gelijk aan de tijd waarbij de spanning "0" is.



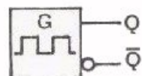
- Door de twee $R_B.C$ producten *verschillend* te maken, verkrijgen we een *niet-symmetrische* blokspanning. Bij deze asymmetrische blokspanning (a = *niet*) is de tijd waarbij de spanning "1" is *niet gelijk* aan de tijd waarbij de spanning "0" is.



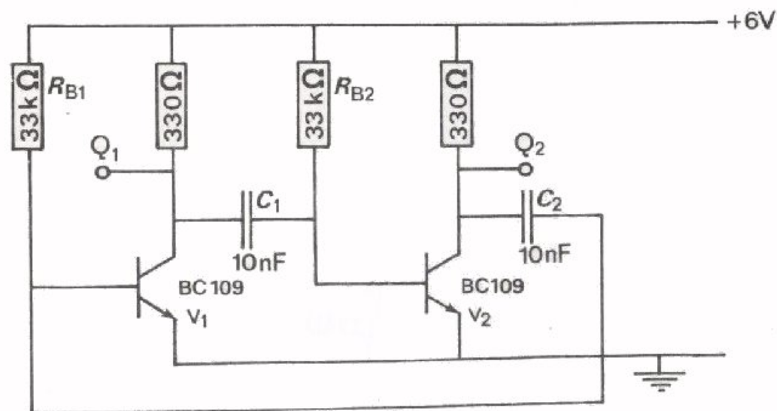
- Als de astabiele multivibrator volkomen symmetrisch is, kan het gebeuren, dat na het inschakelen van de voedingsspanning, de transistors tegelijkertijd in verzadiging stroom voeren.
  Er ontstaat ongewild een stabiele toestand. De multivibrator komt niet "op gang". Door bijvoorbeeld even basis en emitter van een van de transistors door te verbinden, voert deze transistor éven geen stroom. Dit is voldoende om de multivibrator op gang te brengen. Men heeft in de praktijk verschillende kleine uitbreidingen van de schakeling bedacht om te voorkomen dat de transistors bij het inschakelen tegelijkertijd in verzadiging stroom trekken. Het voert te ver om hierop in te gaan.
- Het symbool van de astabiele multivibrator is hier getekend met één uitgang.



Worden twee uitgangen gebruikt, dan is de éne uitgang tegengesteld aan de andere.

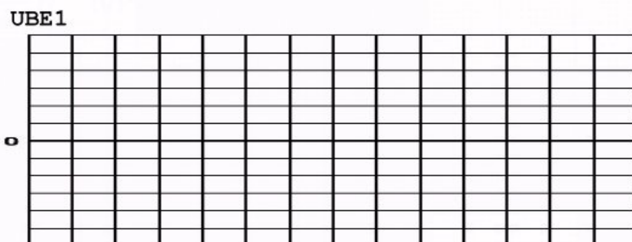


OPDRACHT: METEN AAN EEN ASTABIELE MULTIVIBRATOR

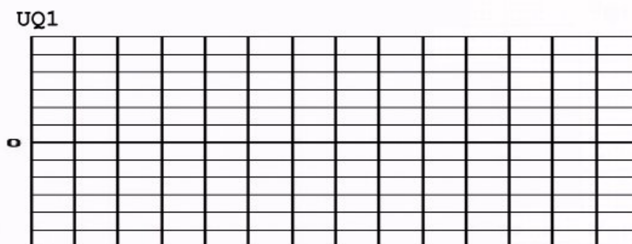


- Bouw deze schakeling op het paneel.
- Voer u_{BE1} toe aan de Y_A ingang van de dubbelstraaloscilloscoop.
- Trigger de oscilloscoop op het Y_A kanaal.
- Maak ongeveer twee perioden van de spanning zichtbaar.
- Teken het verloop van u_{BE1}.

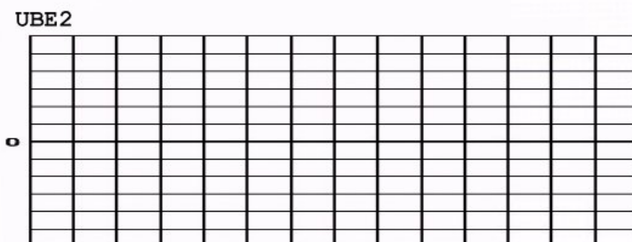
UBE1



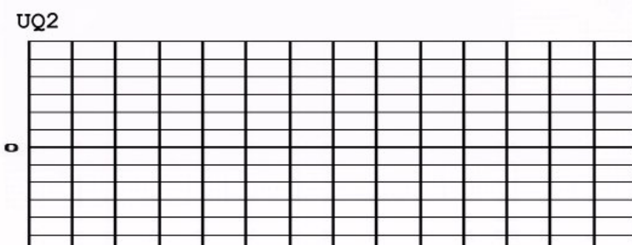
UQ1



UBE2



UQ2



- Voer achtereenvolgens u_{Q1}, u_{BE2} en u_{Q2} toe aan het Y_B-kanaal.
- Teken deze spanningen in de juiste relatie tot de reeds getekende u_{BE1}.
- *Bereken* uit de gegeven *RC*-waarden de frequentie van de blokspanning.

f = [   ] Hz

- *Meet* de frequentie van de blokspanning

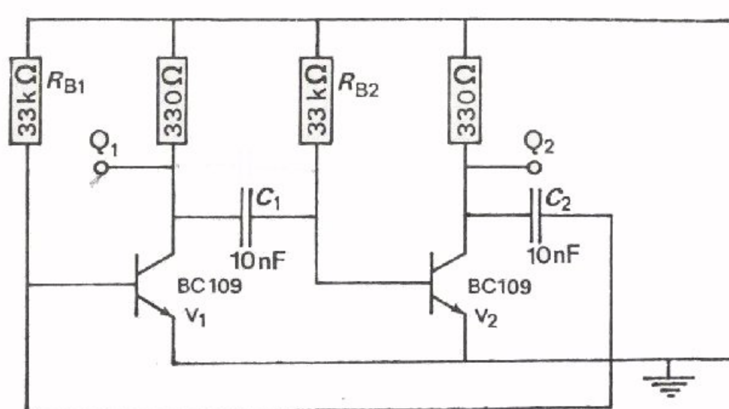
f = [   ] Hz

- De blokspanning is

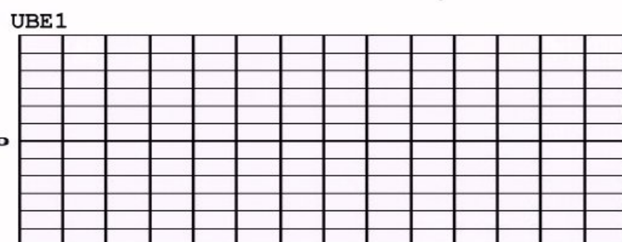
symmetrisch/asymmetrisch

- Breek de schakeling niet af.

OPDRACHT: ASYMMETRISCHE BLOKSPANNING

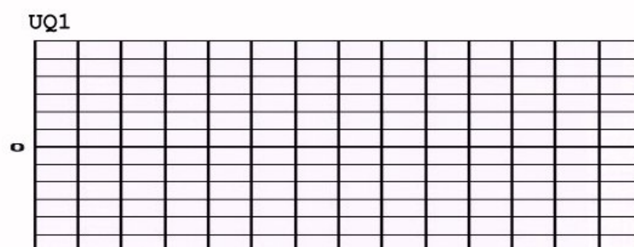


- Dit is de schakeling van vorige opdracht.
- Schakel parallel aan C_1 een condensator van 10 nF.



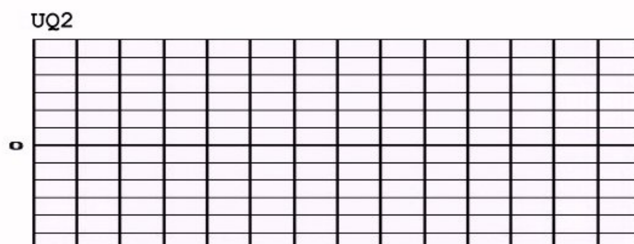
- Maak twee perioden van u_{BE1} zichtbaar en teken deze spanning.

Maak achtereenvolgens ook zichtbaar u_{Q1} en u_{Q2} en teken deze spanningen.



Bereken uit de gegeven *RC*-waarden de frequentie van de blokspanning.

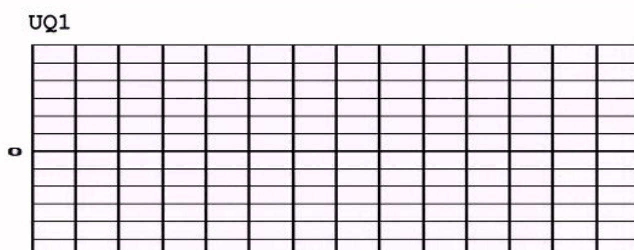
f = Hz



Meet de frequentie van de blokspanning.

f = Hz

Verwijder C_1 en de parallel-condensator. Zet daar een condensator van 1 nF voor in de plaats.



Teken de spanningen u_{Q1} en u_{Q2}.

Meet de frequentie van de blokspanning.

f = Hz

UQ2

o — t

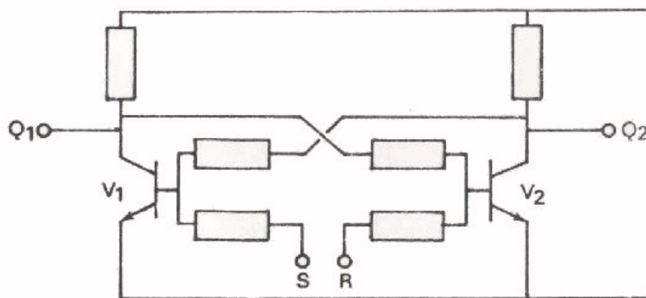
- De blokspanning is

symmetrisch/asymmetrisch

SAMENVATTING

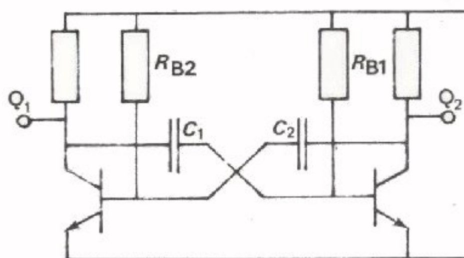
Voor het opwekken van een blokspanning hebben we in deze les twee schakelingen besproken.

- BISTABIELE MULTIVIBRATOR OF SR FLIP-FLOP



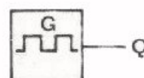
De SR-flip flop kan als geheugen dienst doen. Deze SR-flip flop kan ook een blokvormige spanning leveren, als we zelf een signaal aan de ingang toevoeren. De koppeling tussen de twee trappen vindt hier plaats met weerstanden.

- ASTABIELE MULTIVIBRATOR



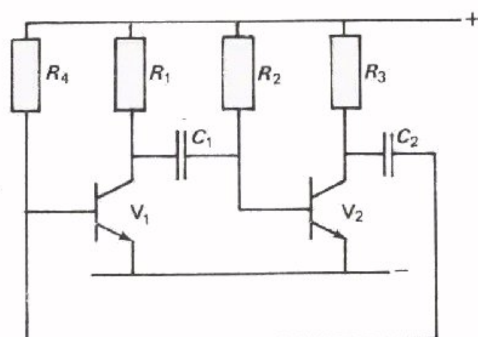
De *astabiele multivibrator* wordt gebruikt om blokspanningen op te wekken. De koppeling tussen de twee trappen vindt plaats door middel van condensators.
De frequentie hangt af van $R_{B1}.C_1$ en $R_{B2}.C_2$.
Bij verschillende $R_B.C$ waarden is de periodetijd $T \simeq 0,7\ R_{B1}.C_1 + 0,7\ R_{B2}.\ C_2$.
Bij gelijke $R_B.C$ waarden is de periodetijd $T \simeq 1,4\ R_B.C$.

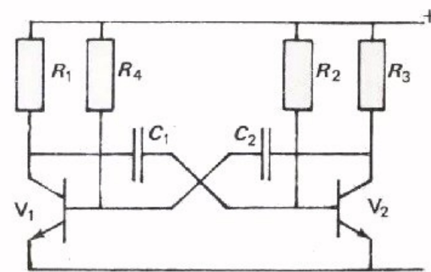
Het symbool voor de astabiele multivibrator is

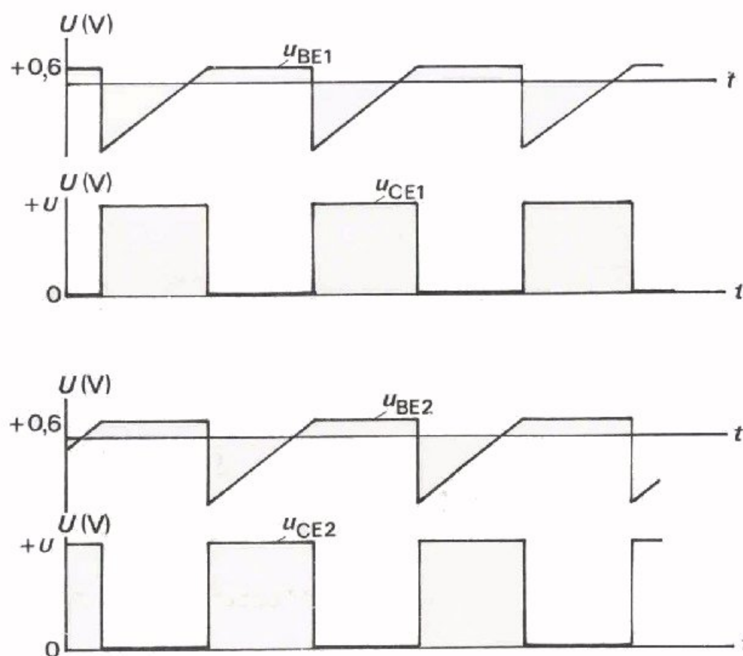




● Een overzicht van het schema van de astabiele multivibrator met de erbij behorende spanningen.



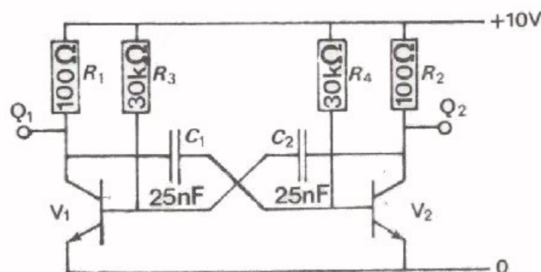




NAAM:

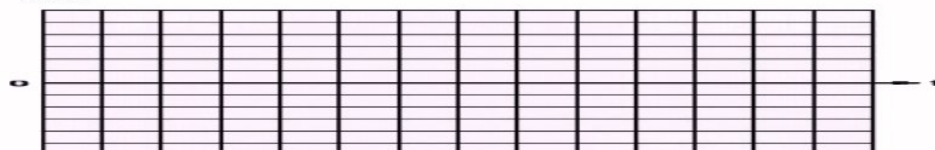
KLAS:

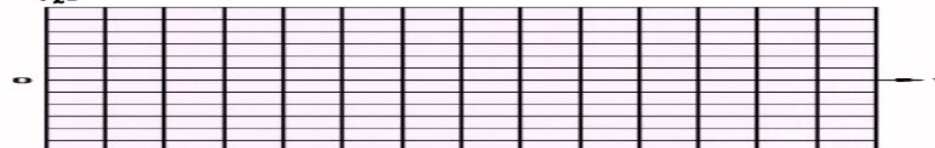
OEFENINGEN

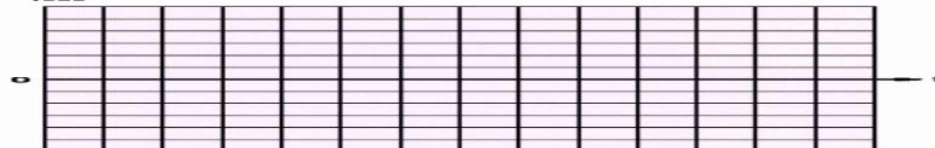


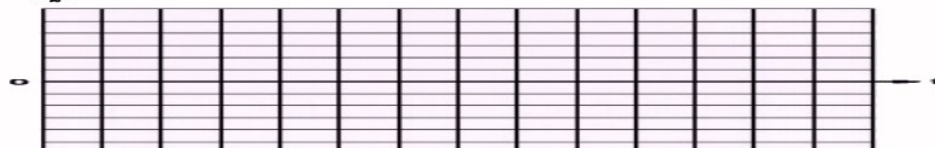
- Teken voor de gegeven astabiele mulitivibrator de spanningen u_{BE1}, u_{Q1}, u_{BE2} en u_{Q2}.

  Geef de juiste waarden bij de tijdassen aan.









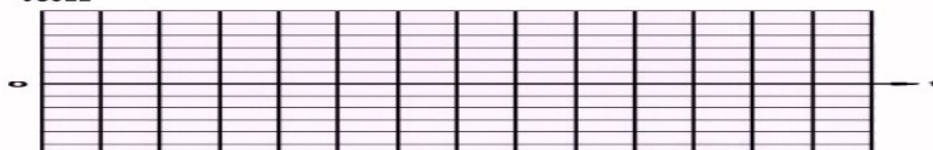
- Bepaal de frequentie van de afgegeven blokspanning.

  f =

In bovenstaande schakeling wordt voor de weerstand R_3 i.p.v. 30 kΩ , een weerstand van 3 kΩ genomen.

- Teken nu de spanning die van de collector van V_2 afgenomen kan worden.

  Geef de juiste waarden bij de tijdas aan.



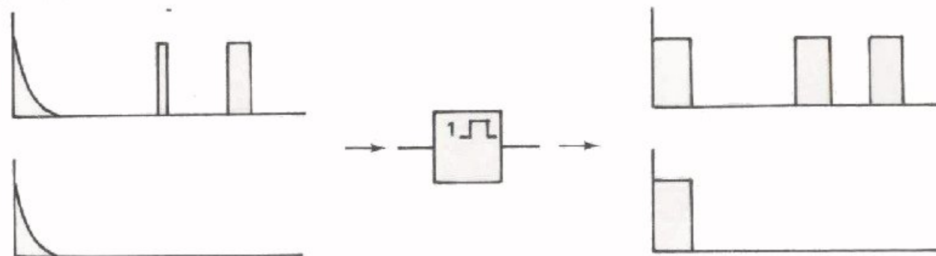
D14.24

VERBETEREN VAN IMPULSVORMIGE SPANNINGEN

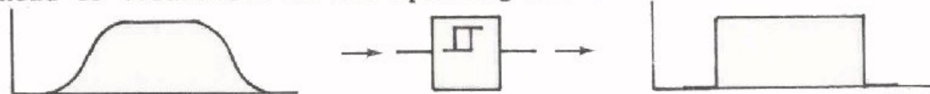
In de vorige les zijn de bistabiele multivibrator en de astabiele multivibrator besproken. Met deze multivibrators zijn impulsvormige spanningen te verkrijgen. Bij de bistabiele multivibrator moet men zelf voor de veranderingen zorgen, de bistabiele multivibrator werkt dus niet uit zichzelf. Bij de astabiele multivibrator wordt zelf een blokvormige spanning opgewekt, hij werkt uit zichzelf. De frequentie van de blokspanning wordt daarbij bepaald door de waarde van de gebruikte componenten.

In deze les bespreken we de *monostabiele multivibrator* en de *schmitt-trigger*.

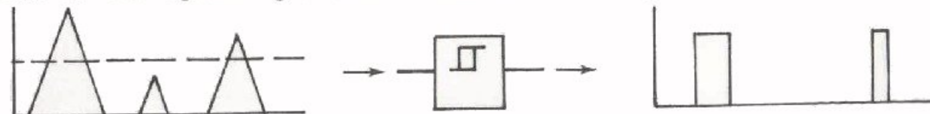
De *monostabiele multivibrator* wordt gebruikt om spanningspieken om te zetten in blokvormige spanningen met een bepaalde impulsduur. De impulsduur van de blokspanning wordt bepaald door de waarde van de gebruikte componenten.



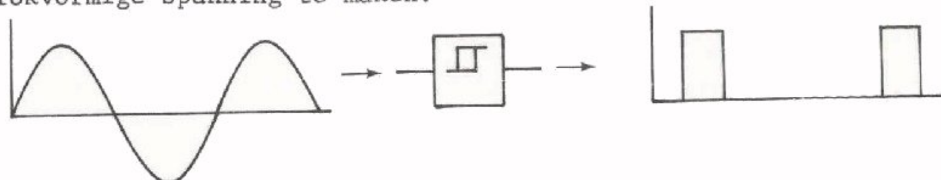
De *schmitt-trigger* wordt gebruikt om een spanning met onvoldoende flanksteilheid te veranderen in een spanning met steile flanken.



De schmitt-trigger is ook te gebruiken als niveau-detector, waarbij deze aangeeft of een spanning boven of beneden een bepaald niveau ligt.

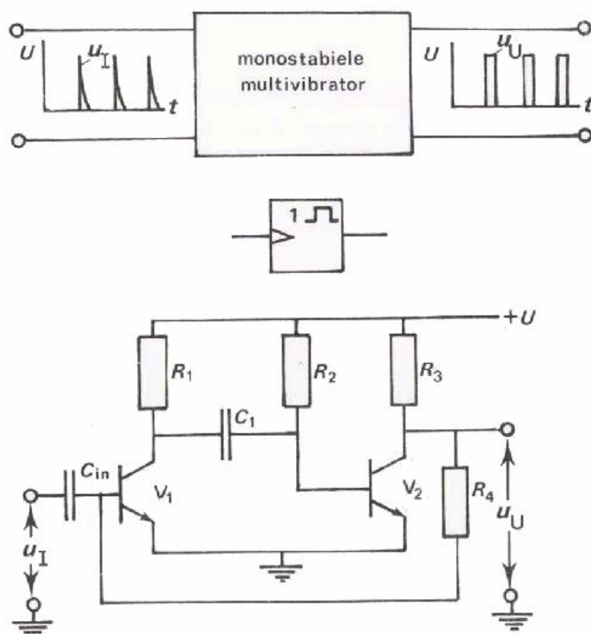


De *schmitt-trigger* kan ook dienen om van een niet-blokvormige spanning een blokvormige spanning te maken.



DE MONOSTABIELE MULTIVIBRATOR

Het is vaak gewenst om piekspanningen om te zetten in blokvormige impulsspanningen. Men kan dit doen met behulp van een *monostabiele multivibrator.*

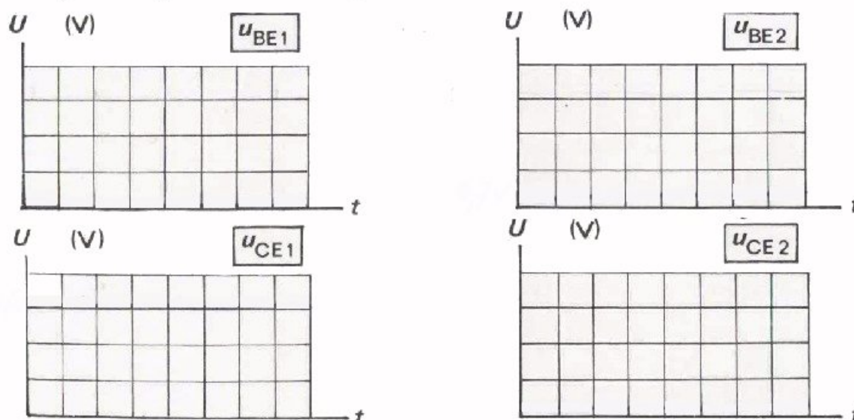


"*mono*"-stabiel betekent dat de schakeling één (mono) stabiele toestand heeft die hij behoudt als er geen signaal aan de ingang wordt toegevoerd. We geven hier een voorbeeld van een monostabiele multivibrator. Een gedeelte van de schakeling komt ook voor in de astabiele multivibrator, zoals die in de vorige les behandeld is. De koppelcondensator C (bij de astabiele multivibrator), die V_2 verbindt met V_1 is hier niet aanwezig.

De basisweerstand R_4 van V_1 die met de + verbonden was (bij de astabiele m.v.b.) zorgt nu voor de koppeling tussen de transistor V_2 en V_1.

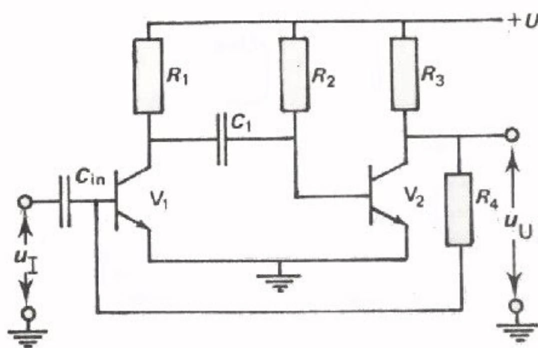
In de rusttoestand weten we dat V_2 in verzadiging is, omdat er een stroom loopt via R_2 en de BE-diode van V_2. Tevens wordt (of is) condensator C_1 geladen via R_1 en BE van V_2. De collectorspanning van V_2 is tevens laag. (V_2 in verzadiging). Deze collectorspanning wordt via R_4 toegevoerd aan de basis van V_1. Omdat u_{BE1} = 0 V is u_{CE2} ook 0 V en V_1 is gesperd.

Teken de spanningen die op de verschillende punten staan. Geef bij de assen de spanningswaarden aan, als U = + 6 V.

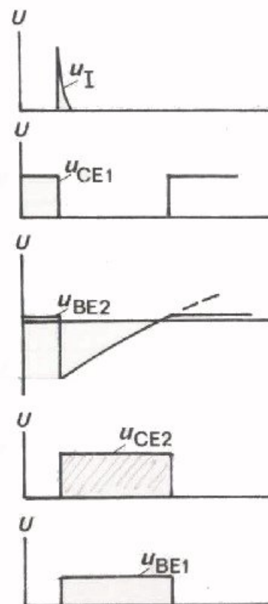


Op het volgend blad vertellen we hoe een eenmalige impuls ontstaat.

HET ONTSTAAN VAN EEN EENMALIGE IMPULS



We voeren aan de ingang een positieve piekspanning u_i toe. Deze spanning wordt via de condensator C_{in} aan de basis van V_1 toegevoerd. Er komt nu een lawinewerking op gang.



- De positieve piekspanning u_I wordt via de condensator C_{in} doorgegeven aan de basis van V_1.
- V_1 gaat stroom voeren en u_{CE1} wordt ≃ 0 V
- Condensator C_1 komt parallel aan BE van V_2 te staan, waardoor de basis negatief wordt ten opzichte van de emitter. (u_{BE2})
- De transistor V_2 is gesperd. De collectorspanning van V_2 is daardoor plotseling + 6 V geworden. (u_{CE2}).
- Deze + 6 V wordt via de weerstand R_4 doorgegeven aan de basis van V_1.
- De BE-diode van V_1 staat nu in geleiding.
- De collectorspanning van V_1 blijft ≃ 0 V.
- De condensator C_1 blijft zich ontladen.

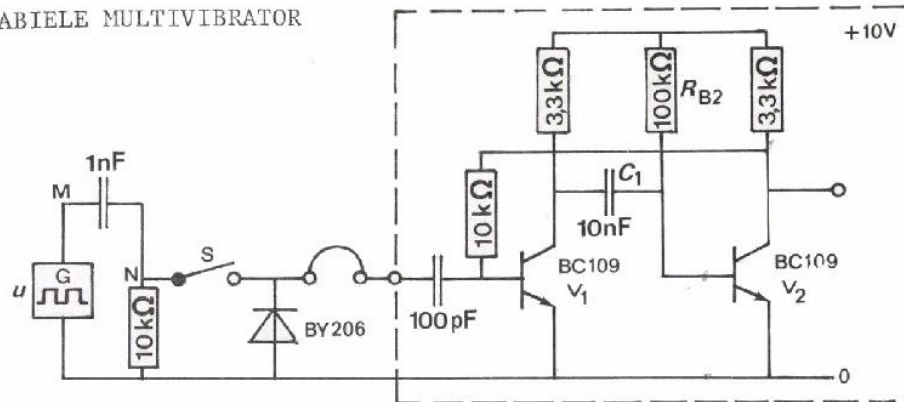
Er is een toestand ontstaan, waarbij V_1 in geleiding en V_2 gesperd is. Deze toestand blijft bestaan zolang de condensatorspanning op C_1 kan dalen, en V_2 daardoor gesperd blijft.

- Na ≈ $0{,}7.R_2.C_1$ is de toestand ontstaan waarbij u_{BE2} = + 0,6 V wordt. Hierdoor zal V_2 stroom gaan trekken. u_{CE2} wordt daardoor laag 0 V.

Deze spanning wordt via R_4 doorgegeven aan de basis van V_1. V_2 wordt hierdoor gesperd. u_{CE1} wordt weer 6 V en C_1 wordt geladen via R_1 en BE-diode van V_1. De rusttoestand is nu bereikt en de schakeling blijft in deze toestand staan.

Door de piekspanning u_I is eenmalig een verandering in de situatie opgetreden. Op de collector van V_2 ontstaat nu ook eenmalig een blokspanning, die een tijdsduur heeft van ≃ $0{,}7.R_2.C_1$ Door een nieuwe piekspanning zal deze blok weer herhaald worden. De multivibrator geeft door een piekspanning toe te voeren één blokimpuls af. Daarom noemt men de monostabiele multivibrator ook wel *one shot* (één schot).

OPDRACHT: MONOSTABIELE MULTIVIBRATOR



- Bouw bovenstaande schakelingen

- Voer een voedingsspanning van 10 V toe.

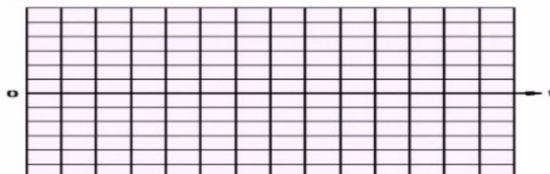


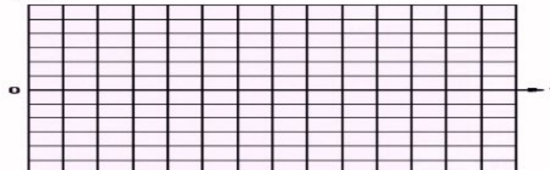
- Sluit een blokspanning U_t aan van 10 V - 1 kHz.

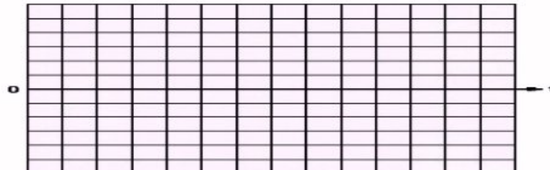
- De schakeling met condensator 1 nF en weerstand 10kΩ is een

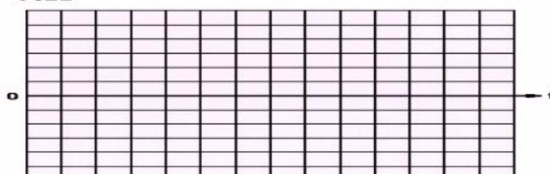
- Bekijk met de dubbelstraal oscilloscoop tegelijkertijd de spanning op punt M en op punt N, met de schakelaar S open en gesloten. De diode dient om: ______

- Voer de piekspanningen van N bij gesloten S toe aan de monostabiele multivibrator.









- Bekijk met de dubbelstraal-oscilloscoop de spanning u_N (Y_A-ingang) en achtereenvolgens (op Y_B-ingang) de spanningen u_{CE1}, u_{BE2} en u_{CE2}. Schets deze spanningen hiernaast.

- De impulsduur van u_{CE2} komt overeen met:

- Bereken: $0{,}7\ R_{B2} \cdot C_1 =$ ms

- De gemeten impulsduur van u_{CE2} is ms

- Zet aan C_1 = 10 nF een andere condensator van 10 nF parallel.

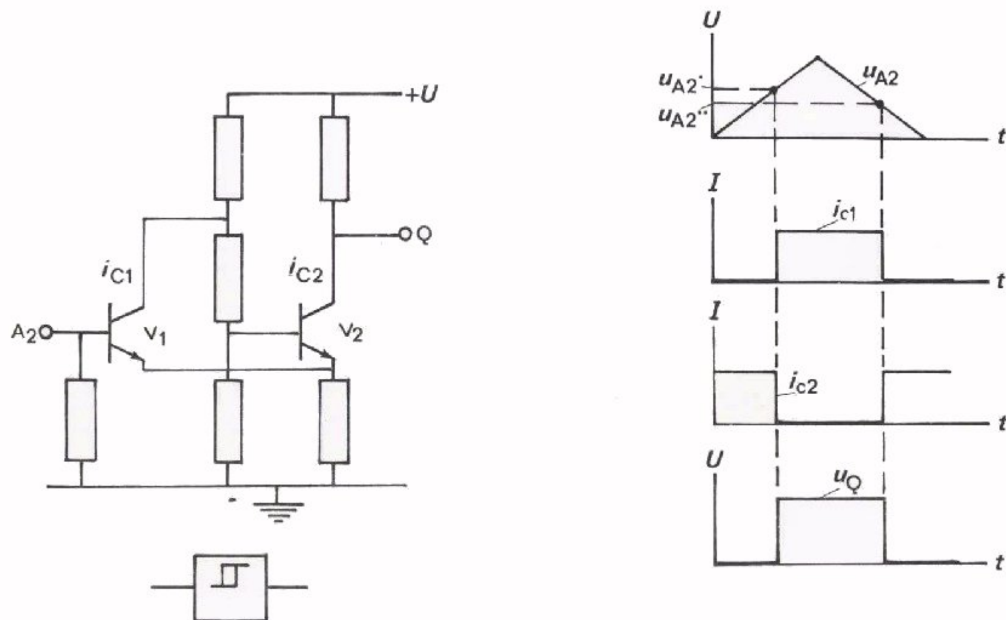
  De impulsduur van u_{CE2} is nu ms

- Kan de impulsduur van u_{CE2} langer duren dan de impulsduur van de toegevoerde blokspanning u ?

- Ga na of de impulsduur van u_{CE2} verlengd kan worden door de frequentie van de ingangsspanning u te verhogen .

DE SCHMITT-TRIGGER

Een *Schmitt-trigger* is een schakeling die van een impuls met onvoldoende steile flanken een impuls met steile flanken maakt. Eerst bekijken we dit verloop. Vervolgens meten we het gedrag van de Schmitt-trigger. Daarna leggen we de werking uit.



symbool Schmitt-trigger.

A_2 is de ingang van de schakeling, Q is de uitgang.

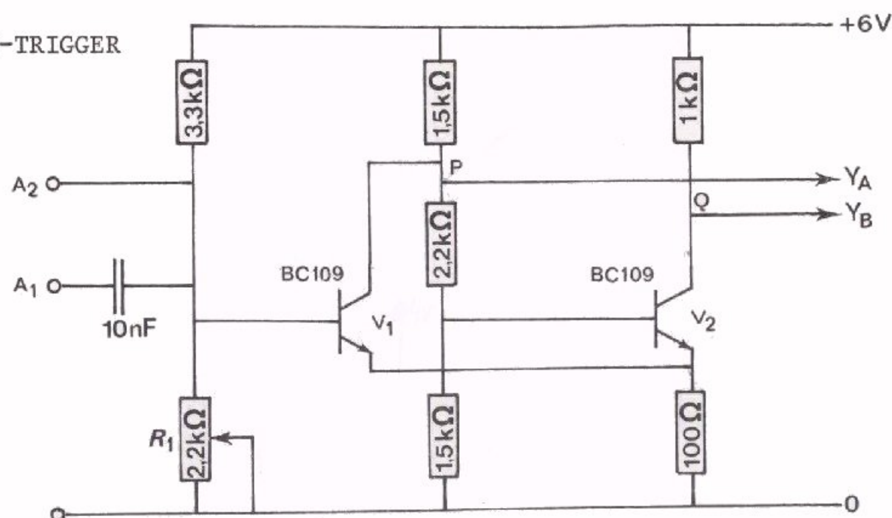
Wordt aan A_2 géén spanning toegevoerd ($u_{A2} = 0$ V), dan geleidt V_2 wel ($Q = 0$) en V_1 niet.

Voeren we aan A_2 een spanning u_{A2} toe die van 0 af toeneemt, dan zal, bij een bepaalde waarde (u_{A2}'), V_2 plotseling géén stroom meer voeren, V_1 neemt de stroom over. Deze toestand blijft gehandhaafd ook als u_{A2} verder toeneemt.

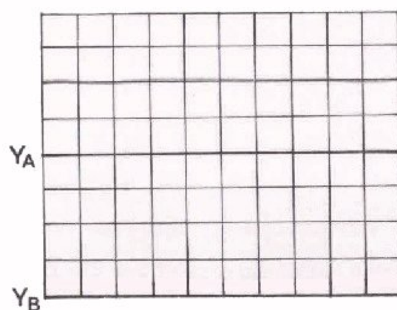
Neemt daarna u_{A2} af, dan zal bij een bepaalde waarde (u_{A2}''), V_2 weer gaan geleiden. V_1 geleidt dan niet meer. We merken daarbij op dat u_{A2}'' *lager* dan u_{A2}'. Dit noemen we dan de *hysterese*.
Er ontstaat een spanning u_Q met steile flanken.

Op het volgende blad meten we aan een Schmitt-trigger om te bekijken of dit besproken gedrag juist is.

OPDRACHT: SCHMITT-TRIGGER



- Bouw bovenstaande schakeling. (Ingang A_1 wordt pas op blad 10 gebruikt).
- Stel de potentiometer van 2,2kΩ in op $R_1 \simeq 0\ \Omega$.
- Sluit de Y_A-ingang van de dubbelstraaloscilloscoop aan op punt P, de Y_B-ingang op punt Q. Gebruik daarbij de afgeschermde meetsnoeren met meetkop 1:1. Meet met de universeelmeter de spanning over R_1.



Stel de dubbelstraaloscilloscoop zó in, dat de nul-niveau's in de DC-standen liggen zoals hiernaast is getekend. Gevoeligheid Y_A en Y_B instellen op 2V/div.

Ga na welke transistor wel en welke niet geleidt door u_P en u_Q met de oscilloscoop te meten.

V	geleidt wel.
V	geleidt niet.

- Laat R_1 langzaam toenemen en meet bij welke ingangsspanning u_{A2} het stroom voeren van de ene transistor door de ander wordt overgenomen.

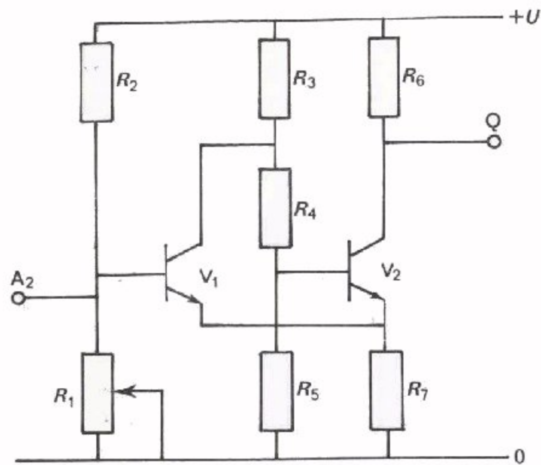
u'_{A2} = [V] .

- Laat vervolgens R_1 langzaam afnemen en meet bij welke u_{A2} de aanvangstoestand terugkeert.

u''_{A2} = [V] .

- Herhaal de metingen nog enkele malen en ga na of de Schmitt-trigger zich gedraagt zoals op het vorige blad is beschreven.
- Bepaal de *hysterese*. Deze bedraagt [V] .
- Breek de schakeling nog *niet* af.

WERKING VAN DE SCHMITT-TRIGGER



Hiernaast het schema van de Schmitt-trigger. Als begintoestand geldt:

$R_1 = 0\Omega$ en V_1 geleidt niet. De uit R_3, R_4 en R_5 samengestelde spanningsdeler levert een positieve spanning aan de basis van V_2. Deze weerstanden zijn zó gekozen, dat V_2 in verzadiging stroom voert.

De verzadigingsstroom van V_2 loopt door R_7 en veroorzaakt voor V_1 een *negatieve* u_{BE1}, die gelijk is aan $R_7 \cdot i_{E2}$. De transistor V_1 voert daardoor geen stroom.

Neemt vervolgens u_{A2} toe (in onze meting door R_1 te laten toenemen), dan neemt de negatieve voorspanning u_{BE1} van V_1 af:

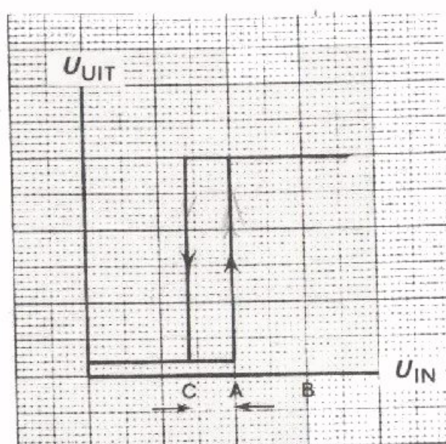
$$u_{BE1} = u_{A2} - R_7 \cdot i_{E2}$$

Wordt u_{A2} groter dan $R_7 \cdot I_{E2}$, dan wordt u_{BE1} positief en als $u_{BE1} = 0{,}6$ V gaat V_1 stroom trekken. Is u_{A2} groot genoeg, dan zal V_1 een grote stroom voeren. Daardoor neemt de spanning over R_3 sterk toe, waardoor de spanning over R_5 daalt. V_2 is dan niet meer in verzadiging. Er komt een lawine-effect op gang, waardoor V_1 in verzadiging stroom voert. V_2 raakt afgeknepen doordat de spanning over R_5 afneemt, en praktisch nul wordt. $u_{BE2} = u_{R5} - R_7 \cdot I_{E1} \simeq - R_7 \cdot i_{E1}$.

Nu is V_1 in verzadiging en V_2 gesperd.

Neemt daarna u_{A2} af, dan zal V_1 op den duur uit verzadiging komen. Hierdoor neemt i_{C1} af en daarom ook $R_3 \cdot I_{C1}$. De spanning over R_5 neemt nu toe en $u_{BE2} = u_{R5} - R_7 \cdot i_{E1}$ wordt minder negatief. Tenslotte neemt i_{C1} zoveel af, dat u_{BE2} weer positief wordt en V_2 stroom gaat voeren. Er komt weer een lawine-effect op gang waardoor nu V_2 in verzadiging stroom voert. i_{E2} veroorzaakt dan een spanning over R_7 die V_1 afknijpt. Nu is V_2 in verzadiging en V_1 afgeknepen.

Voor een Schmitt-trigger wordt soms in een grafiek uitgezet hoe de uitgangsspanning verloopt bij veranderde ingangsspanning. De ingangsspanning wordt langs de horizontale as uitgezet en de uitgangsspanning langs de verticale as. Bij een bepaalde waarde van u_{IN} wordt de uitgangsspanning plotseling "hoog" (A). Deze uitgangsspanning blijft "hoog", ook als de ingangsspanning verder stijgt (B). Daalt de ingangsspanning, dan wordt de uitgangsspanning plotseling weer "laag" (C). Het verschil tussen de waarden van u_{IN}, waarbij u_{UIT} "hoog" en "laag" wordt, noemt men hysterese.



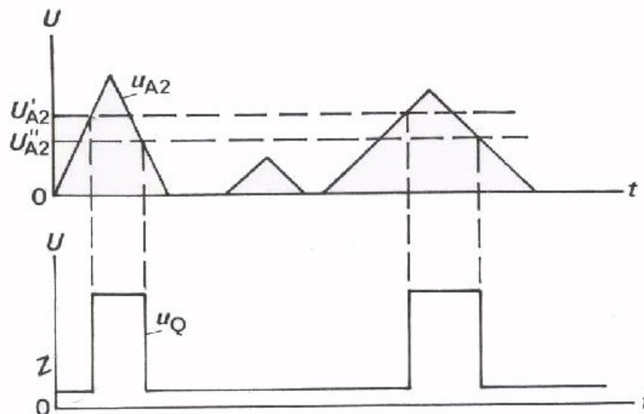
hysterese

HET NUT VAN EEN SCHMITT-TRIGGER

Een Schmitt-trigger kan gebruikt worden als:

- *Niveau-detector*, in het engels: "level-detector" (uitgesproken: levvul-dietector).
- *Impulsvormer*, in het engels: "puls-shaper" (uitgesproken: puls-sjeepur).

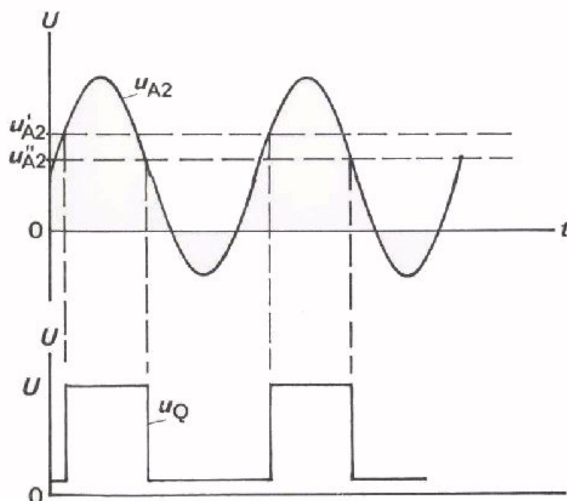
Een *niveau-detector* geeft aan of een spanning *boven* een bepaald niveau ligt of *beneden* dit niveau. Dat hiervoor een Schmitt-trigger te gebruiken is, hebben we reeds in de eerste meetopdracht ervaren (blad 7).



Stijgt de toegevoerde spanning u_{A2} boven een bepaalde waarde, u'_{A2}, dan stijgt de spanning u_Q van ongeveer 0 V tot de voedingsspanning U.

Daalt u_{A2} tot beneden een bepaalde waarde u''_{A2}, dan verandert de spanning u_Q van U tot ongeveer 0 V.

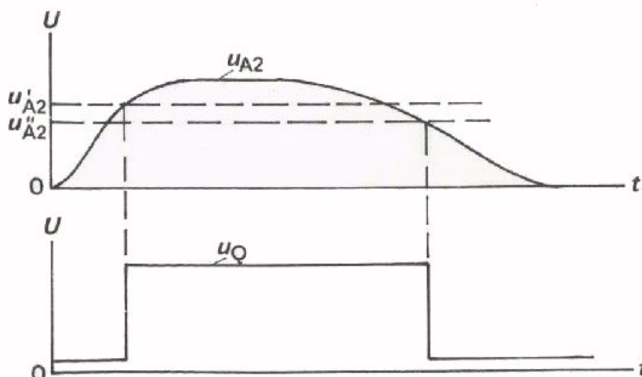
Een *impulsvormer* is een schakeling, die van *niet*-blokvormige spanningen *wel*-blokvormige spanningen maakt.



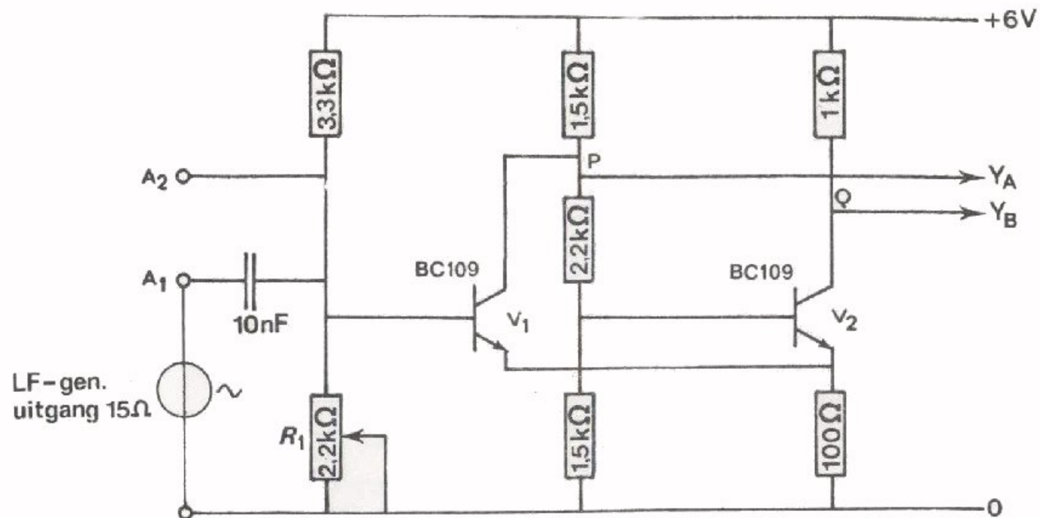
Als voorbeeld is verondersteld dat u_{A2} de som is van een sinusvormige wisselspanning en een gelijkspanning.

Er ontstaat dan een blokvormige spanning u_Q.

De Schmitt-trigger is ook te gebruiken om van een impuls met niet al te steile flanken, een nieuwe impuls te maken die wél steile flanken heeft.



OPDRACHT: DE SCHMITT-TRIGGER ALS IMPULS-VORMER



- Deze schakeling bevindt zich reeds op het oefenpaneel.
- Sluit de LF-generator op de ingang aan (neem hiervoor de 15Ω uitgang).
- Verbind punt P met de Y_A ingang van de oscilloscoop en Q met de Y_B ingang. Trigger de oscilloscoop extern vanuit de LF-generator.
- Voer een wisselspanning toe van 1 kHz. Deze moet voldoende groot zijn om een symmetrische blokspanning u_Q te verkrijgen. Daarbij dient ook R_1 geregeld te worden. Bekijk in plaats van u_P ook u_{A2}, de spanning op de basis van V_1.
- Maak ongeveer twee perioden zichtbaar. Teken hieronder de signalen u_{A1}, u_{A2}, u_P en u_Q.

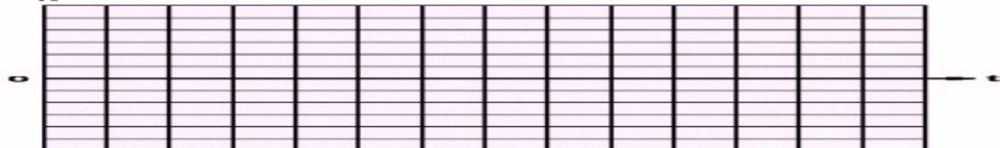
UA1



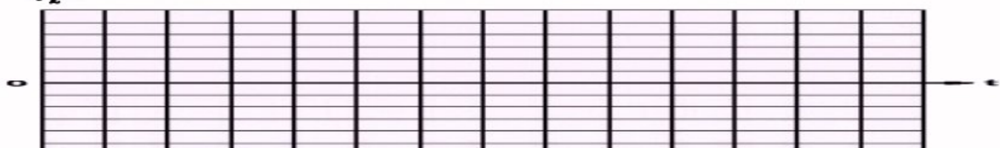
UA2



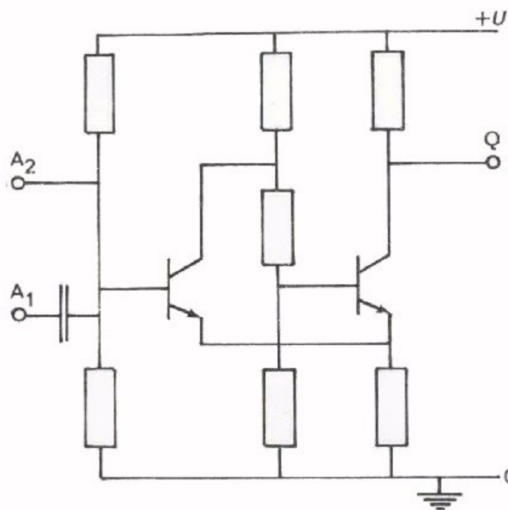
UP



UQ



STATISCHE EN DYNAMISCHE INGANGEN



We hebben de besproken Schmitt-trigger nog eens getekend. Bij deze schakeling hebben we de ene keer ingang A_1, de andere keer ingang A_2 gebruikt.

Wanneer we *langzaam* een veranderend signaal toevoeren, is het gedrag van de schakeling bij gebruik van ingang A_1 anders dan bij gebruik van ingang A_2.

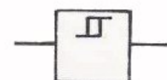
Voeren we aan A_2 een langzaam veranderende spanning toe, dan reageert de schakeling zoals we in de meting van blad 7 gezien hebben. Verandert u_{A2} in één minuut geleidelijk van 0 naar +5 V en in de volgende minuut van +5 V naar 0, dan vindt telkens de omslag plaats. Ingang A_2 wordt een *statische ingang* genoemd.

Voeren we aan A_1 deze langzaam veranderende spanning toe, dan verandert de spanning op punt A_2 praktisch niet. De schakeling reageert dan niet op langzame veranderingen van u_{A1}. Verandert u_{A1} daarentegen *snel*, dan verandert u_{A2} in dezelfde mate. De schakeling reageert dan wel, zoals we bij de meting van blad 11 ervaren hebben. Ingang A_1 noemt men een *dynamische ingang*. Meestal beginnen dynamische ingangen met een *C*-*R*-filter.

Bij het tekenen van de symbolen van digitale functies geeft men aan of een ingang statisch of dynamisch is. Hieronder zien we hoe dit gebeurt. Als voorbeeld is het symbool van de Schmitt-trigger met statische en ook met dynamische ingang getekend.

statische ingang —|

Schmitt-trigger met statische ingang



dynamische ingang —▷

Schmitt-trigger met dynamische ingang



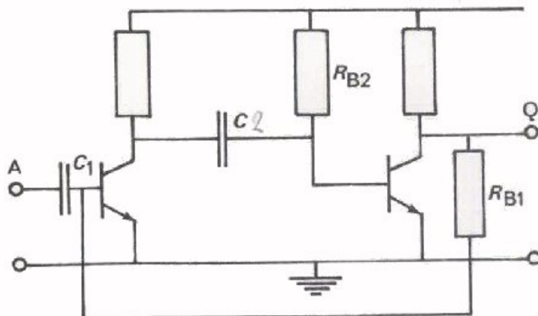
Conclusie:

- In geval van een statische ingang zijn zowel langzame als snelle veranderingen van het ingangssignaal van invloed.
- In geval van een dynamische ingang zijn alleen snelle veranderingen van het ingangssignaal van invloed.

SAMENVATTING

Besproken zijn de *monostabiele multivibrator* en de *schmitt-trigger*.

- MONOSTABIELE MULTIVIBRATOR of ONE SHOT MULTIVIBRATOR

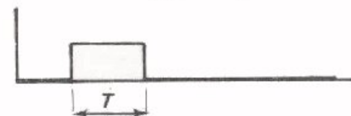


De monostabiele multivibrator is te gebruiken om piekspanningen om te zetten in blokvormige impulsspanningen.

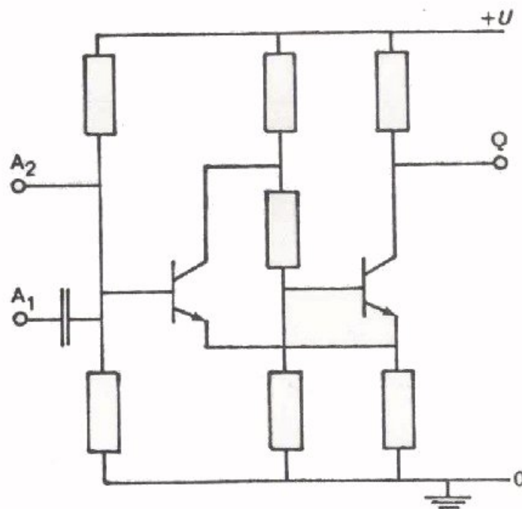
De koppelingen tussen de twee trappen wordt verkregen door C_2 en door R_{B1}.

De impulsduur hangt af van het produkt, $R_{B2} \cdot C_2$.

$T \simeq 0{,}7\ R_{B2} \cdot C_2$.



- SCHMITT-TRIGGER



De Schmitt-trigger is te gebruiken als:

- Niveau-detector.
  Reageert als u_{A2} boven bepaald niveau stijgt, resp. daalt.
- impulsvormer.
  Maakt van een niet-impulsvormige spanning een impulsvormige spanning.
- Impulsverbeteraar.
  Maakt van een impuls met niet-steile flanken een impuls met wel-steile flanken.

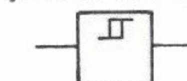
  A_1 ⟶ dynamische ingang

  A_2 ⟶ statische ingang

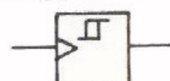
- Het symbool van de monostabiele multivibrator is:



- Het symbool van de Schmitt-trigger is:



statische ingang



dynamische ingang.

SCHEMA-SYMBOLEN

Voor de verschillende schakelingen zijn schema-symbolen ingevoerd. Hieronder geven we een overzicht van deze symbolen.

&	AND	&	NAND
≥1	OR	≥1	NOR
	NOT	=	comparator
=1	EX-OR		Schmitt-trigger met statische ingang
	versterker		Schmitt-trigger met dynamische ingang
G	astabiele MVB	1	monostabiele MVB
S, R, Q, Q̄	SR flip-flop met 2-NOR's of 4-NAND's	a, b, S, R, Q, Q̄	SR flip-flop met 2-NAND's

S	R	Q	$\bar{Q}$
1	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	1	1

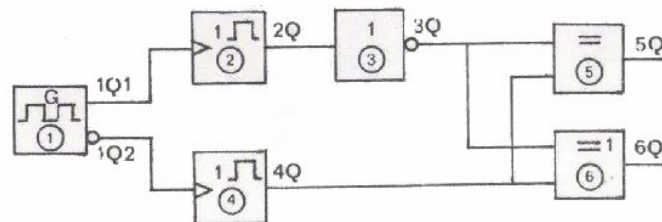
a	b	Q	$\bar{Q}$
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0
0	0	1	1

NAAM:

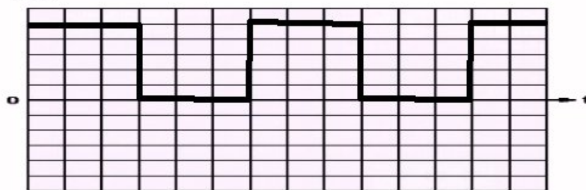
KLAS :

OEFENINGEN

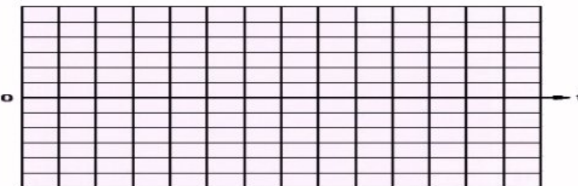
1. In onderstaande schakeling zijn de monostabiele multivibrators ② en ④ gelijk. Deze monostabiele MVB's geven impulsen, die ½ maal zo lang duren als de impulsen die de astabiele MVB ① opwekt. Maak de tijd-volgorde diagrammen kompleet.



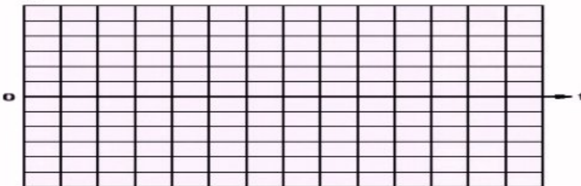
1Q1



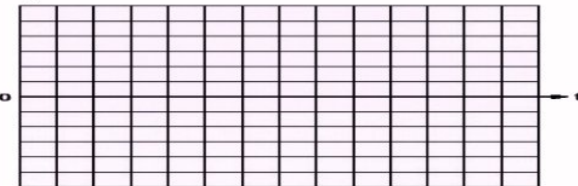
2Q



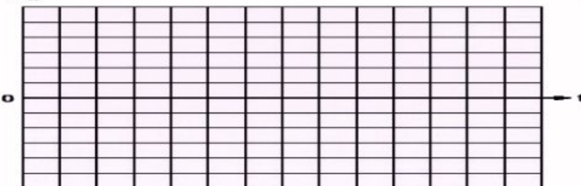
3Q



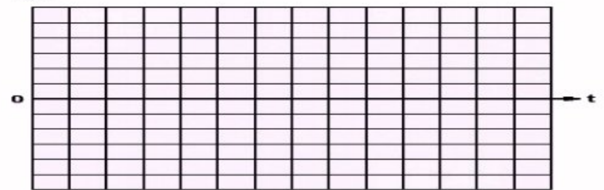
4Q



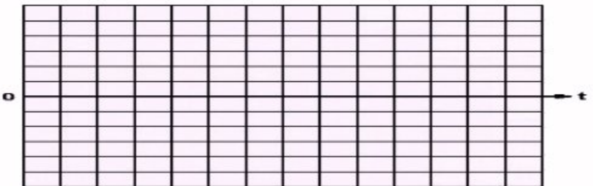
5Q



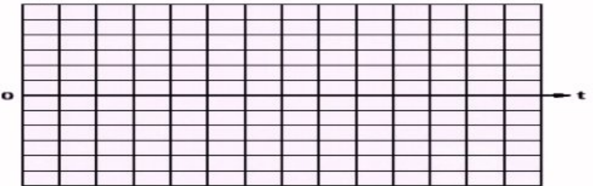
1Q2



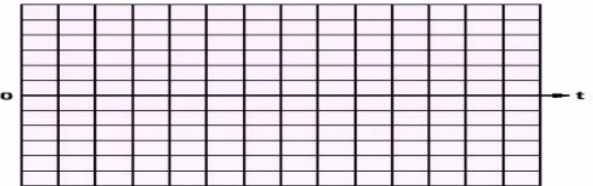
4Q



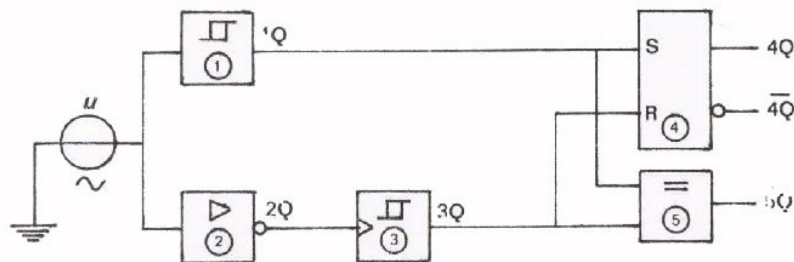
3Q

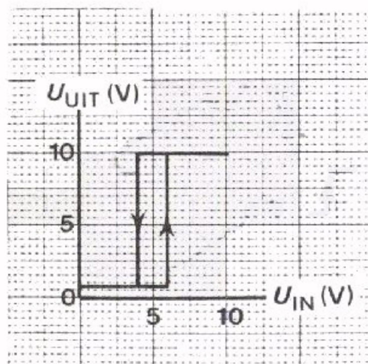


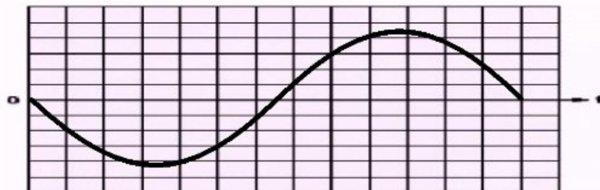
6Q

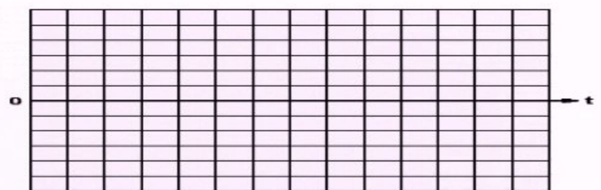


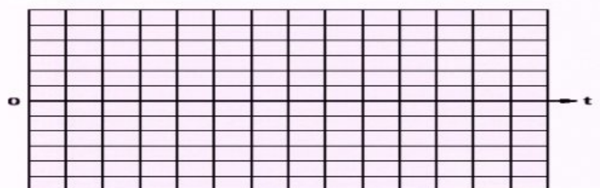
2. Aan onderstaande schakeling wordt de gegeven sinusvormige spanning u toegevoerd. De gelijke Schmitt-triggers ① en ③ gaan "om" bij de in de grafiek gegeven spanningswaarden. Omkeerversterker ② heeft een versterking van 1. Teken de tijd-volgorde diagrammen.

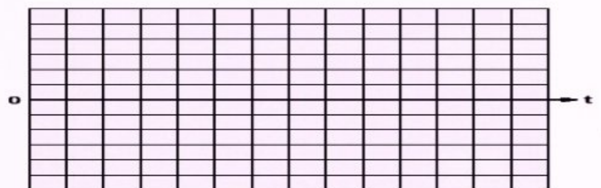


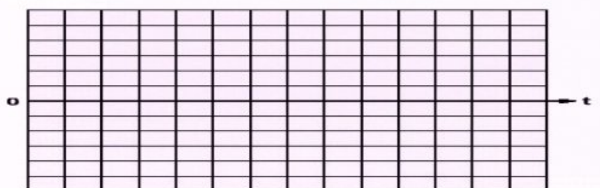


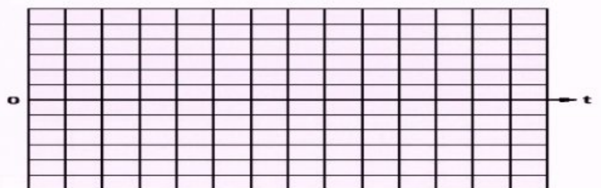












D 16

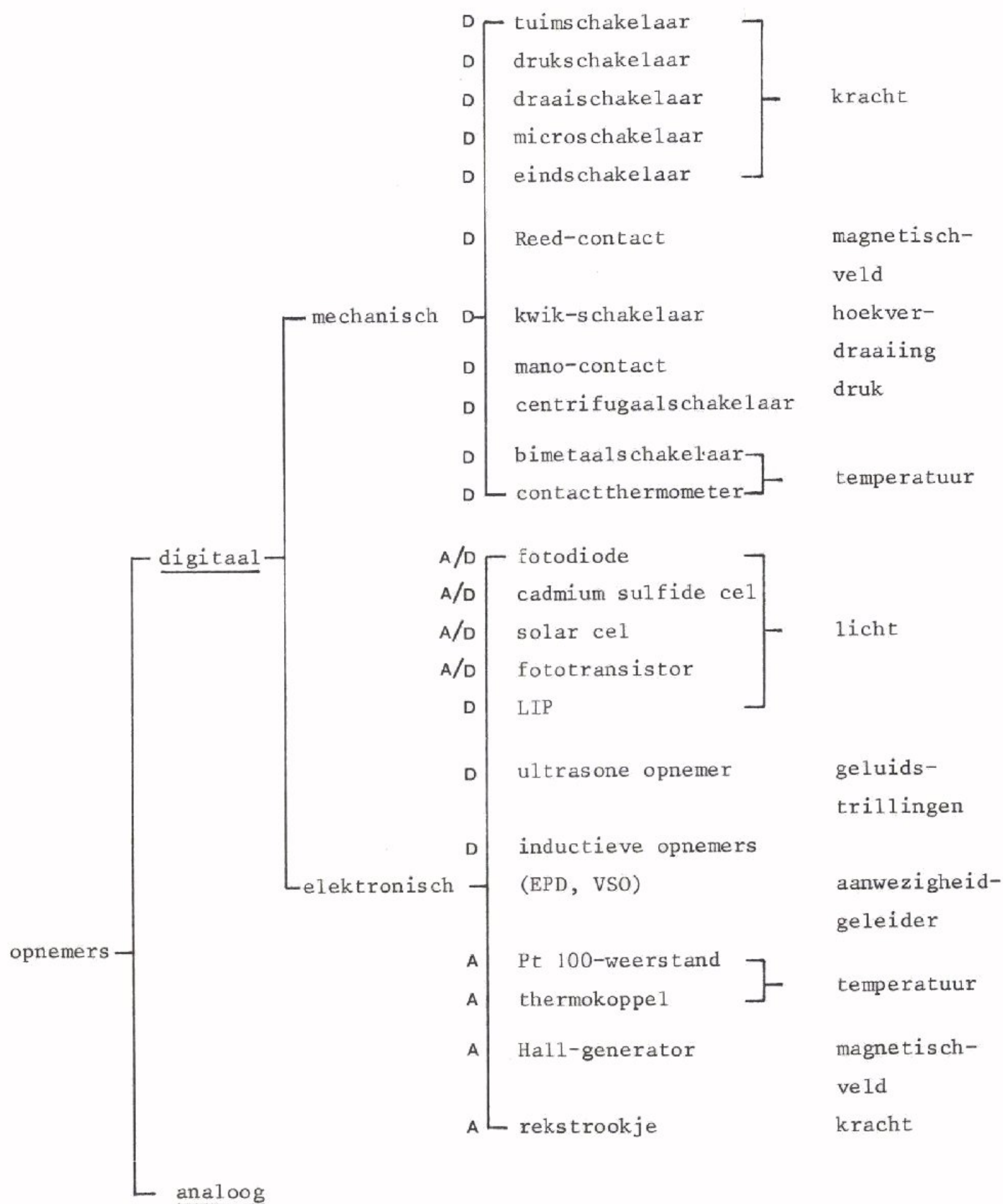
ENKELE EENVOUDIGE DIGITALE OPNEMERS

INLEIDING

Het gebruik van digitale schakelingen beperkt zich niet tot de zuivere elektronica.
Als voorbeeld nemen we het automatisch vullen van flessen.
Op een machine worden deze flessen achter elkaar geplaatst. Een voor een komen ze dan onder een kraan. Deze kraan blijft zó lang open, tot de fles net vol is. De rij flessen schuift daarna een plaats op.
Als om een of andere reden een plaats in de rij leeg is, moet dit van buiten af worden geconstateerd. Bovendien moet de kraan gesloten blijven, als de "open plaats" in de rij onder de kraan is aangekomen.
Men kan op verschillende manieren constateren of een fles aanwezig is of dat een fles ontbreekt.
Is een fles onder de kraan aanwezig, dan wordt een lichtstraal door die fles onderbroken.
Is er géén fles, dan wordt dus de lichtstraal niet onderbroken.
Een andere methode is, dat een lichtstraal door een fles wordt teruggekaatst in een bepaalde richting. Wordt de lichtstraal niet teruggekaatst, dan is er geen fles aanwezig.
Het omzetten van dit soort informatie (bijv. het al of niet aanwezig zijn van een fles) in een digitaal elektrisch signaal gebeurt met behulp van *digitale omzetters*.

Tegenwoordig worden steeds meer machines en apparaten geautomatiseerd.
Daarbij worden verschillende digitale omzetters toegepast.
Deze omzetters hebben elk een eigen toepassingsgebied.
Op volgend blad geven we een overzicht van verschillende soorten opnemers met daarbij vermeld waarop ze reageren.
In deze les bespreken we de belangrijkste opnemers. We vertellen daarbij waar ze worden toegepast en waarom juist op die plaats een bepaalde omzetter wordt gebruikt.

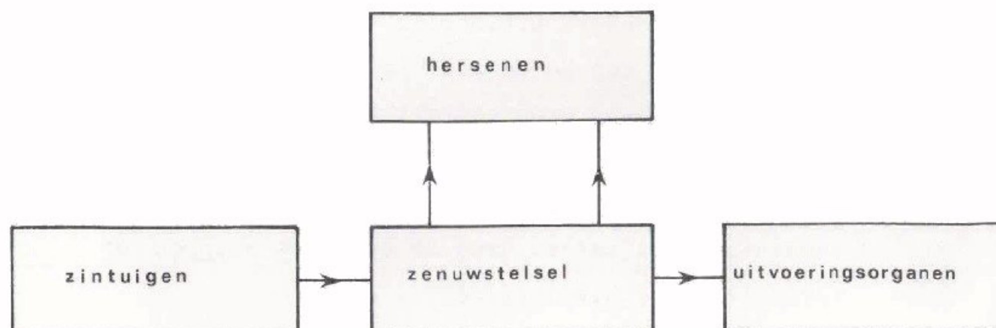
OVERZICHT OPNEMERS



A - analoog D - digitaal

SOORTEN DIGITALE OPNEMERS

Een machine die zichzelf bedient kunnen we in menig opzicht met een mens vergelijken.



Hier zien we een aantal functies in het menselijk lichaam in afzonderlijke blokjes weergegeven.

- Onze *zintuigen* (zoals ogen, oren en neus) zorgen voor het omzetten van de informatie in een elektrisch signaal.
- Het *zenuwstelsel* zorgt voor het transport van het elektrisch signaal naar de hersenen.
- De *hersenen* verwerken het signaal en bedenken wat de uitvoeringsorganen (zoals handen en voeten) moeten doen.
- Via het zenuwstelsel ontvangen de uitvoeringsorganen de opdracht.
- De *uitvoeringsorganen* voeren de opdracht uit.

De opnemers zijn te vergelijken met onze zintuigen.

De ogen, oren en de neus zijn zintuigen die een licht-, geluid- of reuksignaal opvangen. Ze zijn te vergelijken met een grote groep van *elektronische opnemers*.

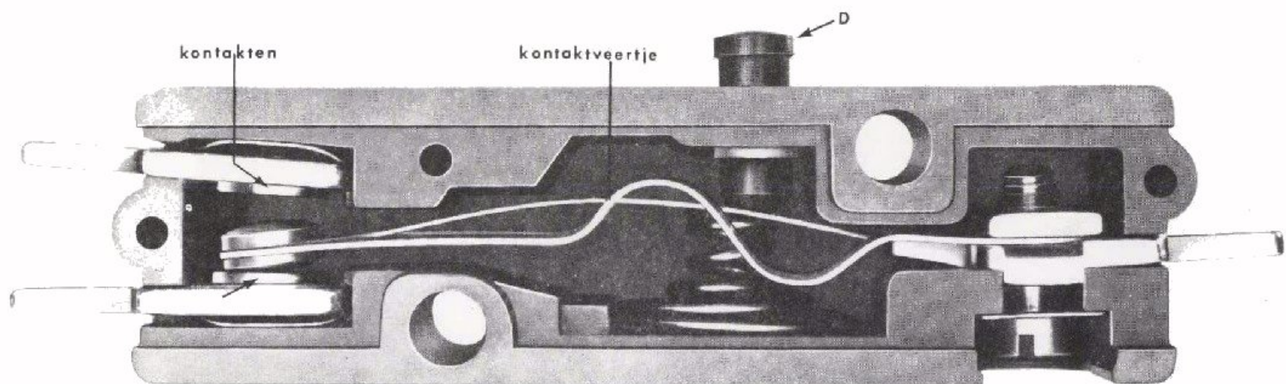
De smaak en de tastzin komen in direct contact met de stoffen. Ze zijn vaak beter te vergelijken met een grote groep van *mechanische opnemers*.

Uit beide hoofdgroepen van opnemers beschrijven we enkele voorbeelden.

MECHANISCHE OPNEMERS

De mechanische opnemers die ter sprake komen, hebben mechanische contacten. De meest bekende zijn wel de *druk-*, de *draai-* en de *tuimel*-schakelaar. Dit soort schakelaar wordt in alle huizen toegepast om lampen in- en uit te schakelen. Een bijzondere uitvoering vinden we bij vele elektrische bellen. Een schakelaar voor een belcircuit is een verende druk-schakelaar, die alleen gesloten is zolang erop gedrukt wordt. Wordt de drukknop losgelaten, dan wordt de schakelaar automatisch weer geopend. Deze laatste soort verende schakelaar wordt ook in de digitale techniek veel gebruikt. Bijvoorbeeld in rekenmachines als met de hand de opdracht *stoppen* of *starten* moet worden gegeven (reset-schakelaar).

Een speciale veel toegepaste verende druk-schakelaar is de *micro switch*, (spreek uit: "mikroo switsj"). "Switch" is het engelse woord voor de schakelaar. Er zijn vele soorten en uitvoeringen.



Door de drukknop D slecht weinig in te drukken (circa 1 mm) "springt" het contactveertje van zijn onderste naar zijn bovenste stand. Door de drukknop los te laten "springt" het veertje weer terug in zijn onderste stand. Het midden contact staat őf in zijn onderste stand, őf in zijn bovenste stand. Men zegt wel: zijn stand is eenduidig.

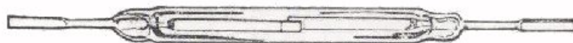
Een voordeel van de normale mechanische schakelaar is dat er grote stromen en grote spanningen direct mee geschakeld kunnen worden.
Nadelen van deze schakelaars is het optreden van denderen of natrillen van de contactveren nadat de schakelaar gesloten is (z.g. "contact-bounce").
In een latere opdracht gaan we dit denderen waarnemen.

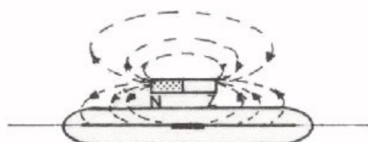
Veel mechanische schakelaars worden na verloop van tijd onbruikbaar doordat de contacten "inbranden" of doordat de contacten vies worden, of doordat zij door inwerking van vocht gaan oxyderen. Oxyderen is "een verbinding aangaan met zuurstof".
Een van de meest bekende voorbeelden is het oxyderen van ijzer. Dit duidt men gewoonlijk aan met "roesten".

Om bovenstaande bezwaren te voorkomen, heeft men zogenaamde *reed-contacten* gemaakt (uitgesproken ried-contacten).
Nu bespreken we een reed-contact en gaan er aan meten.

REED-CONTACTEN

Een reed-contact bestaat uit twee verende tongen.
Deze bevinden zich in een glazen buisje dat de contacten beschermt. Het gesloten buisje is gevuld met stikstof of een edelgas. De tongen zijn van een magnetiseerbaar materiaal.





Het reed-contact wordt gesloten door het ene contact in een magnetische N-pool en het andere in een magnetische Z-pool te veranderen. De contacten trekken elkaar dan aan.

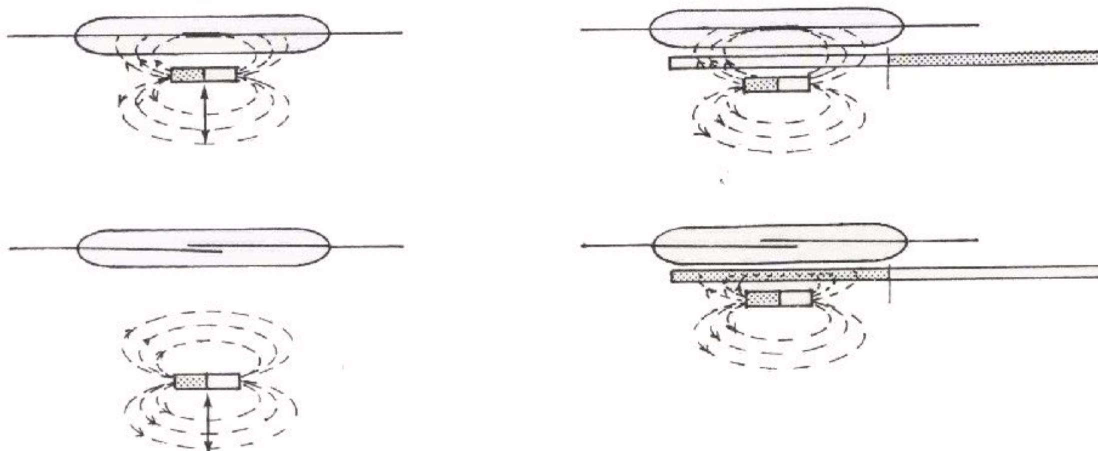
Het zogenaamde *magnetiseren* van de contacten gebeurt door het buisje in een magnetisch veld te brengen.
Het magnetisch veld kan dan ook verkregen worden met behulp van een permanente magneet, die in de buurt wordt gebracht.
Ook kan met behulp van een spoeltje dat om het reed-contact wordt gelegd en waardoor een gelijkstroom wordt gestuurd, een magnetisch veld verkregen worden waardoor de contacten elkaar aantrekken.

EIGENSCHAPPEN VAN REED-CONTACTEN

Reed-contacten hebben volgende gunstige eigenschappen:

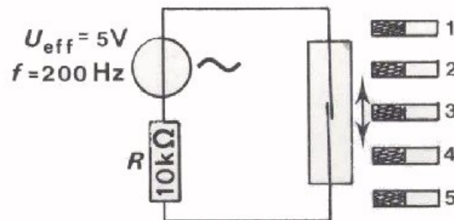
- de contactplaatsen zijn goed beschermd,
- de levensduur is zeer groot (meer dan 10^7 schakelingen),
- de schakelfrequentie kan hoog zijn (tot ca. 300 Hz),
- met reed-contacten kunnen circuits galvanisch gescheiden worden.

SCHAKELEN VAN REED-CONTACTEN



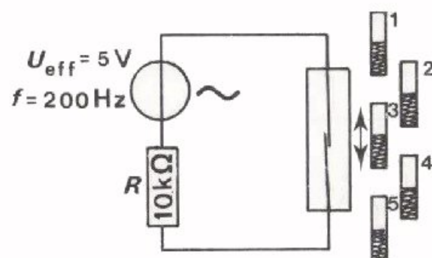
Schakelen kan gebeuren met een permanente magneet. Deze magneet die parallel aan het reed-contact is geplaatst kan men naar het reed-contact toebrengen, of men kan het reed-contact naar de magneet toebrengen.
Een andere manier van schakelen is door een ijzeren plaat (afscherming) tussen magneet en reed-contact aan te brengen. Het reed-contact is eerst gesloten. Na het aanbrengen van de afschermplaat wordt het contact verbroken.

OPDRACHT: METINGEN AAN EEN REED-CONTACT



- Bouw deze schakeling.
- Sluit de oscilloscoop aan over de weerstand.
- Breng het bijgeleverde staafmagneetje loodrecht op het contact en beweeg het magneetje langs het reed-contact (zie schets).
- Het contact is *gesloten* in de stand(en)

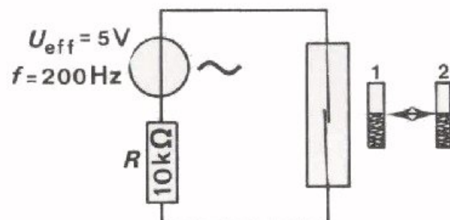
- Het contact is *open* in de stand(en)



- Breng het magneetje vervolgens evenwijdig aan het reed-contact en beweeg het magneetje langs het reed-contact (zie schets).

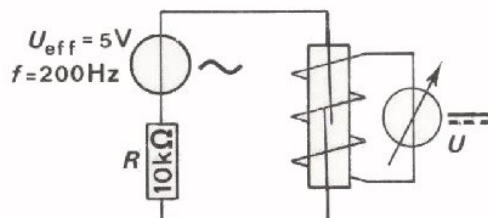
  Het contact is *gesloten* op de plaats(en)

  Het contact is *open* op de plaats(en)



- Beweeg het magneetje, dat evenwijdig aan het reed-contact gehouden wordt, naar en van het reed-contact af.

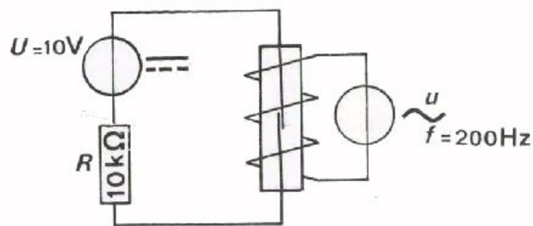
  Het contact wordt *gesloten* als het magneetje **dichtbij/veraf** van het reed-contact is.



- Bouw nevenstaande schakeling.

  Sluit het spoeltje dat over het reed-contact is geschoven, aan op de gelijkspanningsvoeding.
- Voer de spanning langzaam op totdat het contact sluit.

  We zien dat het schakelende circuit, met de gelijkspanning U galvanisch gescheiden is van het circuit van de wisselspanning.



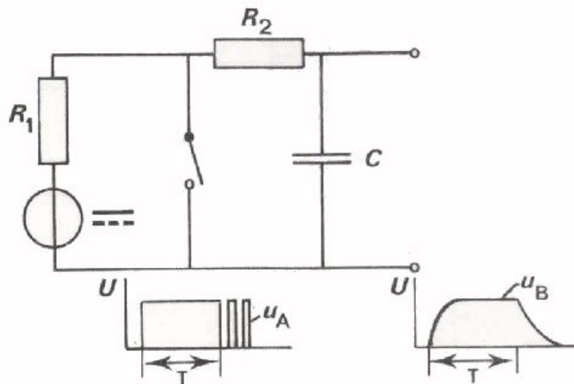
- Verwissel de gelijkspanningsbron en de wisselspanningsbron.
- Maak de gelijkspanning 10 V.
- Maak de wisselspanning zo groot, dat het reed-relais elke halve periode van de wisselspanning in- en uitschakelt.
- Op de oscilloscoop bekijken we de spanning over *R*.

  We kunnen nu het denderen van de contacten waarnemen. Dit denderen wordt veroorzaakt door mechanisch terugveren van de contactveren.

Op volgend blad bespreken we het wegwerken van het denderen van contacten.

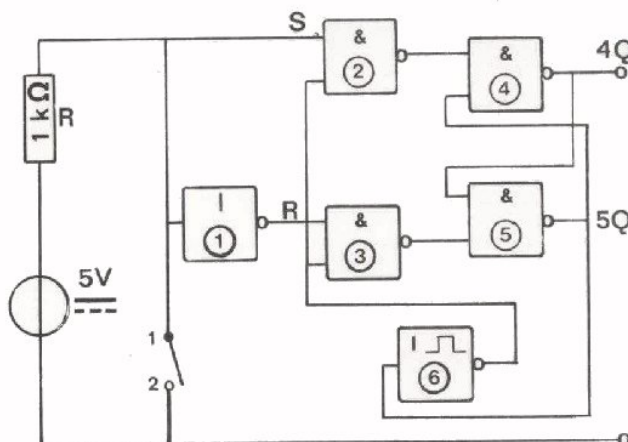
CORRECTIE VAN DE GEVOLGEN VAN DENDEREN

Het verschijnsel dat we op vorig blad hebben waargenomen, het denderen van de contacten, is een lastig verschijnsel. Bij snel reagerende schakelingen kan men hiervan veel last ondervinden.
Een van de mogelijkheden om de kwalijke gevolgen van denderen weg te werkken, is het gebruik van een *RC*-combinatie.



Aan de ingang van deze schakeling is het signaal getekend dat ontstaat door het denderen van het contact.
De uitgangsspanning over de condensator *C* is eveneens getekend. Doordat een condensatorspanning niet snel kan veranderen, is het denderverschijnsel over de *C* niet merkbaar. Er treedt echter enige vertraging op tussen het moment dat de schakelaar voor het eerst gesloten wordt, en het moment dat $u_B \approx 0$ wordt. Deze vertraging kan hinderlijk zijn, soms zelfs ontoelaatbaar.

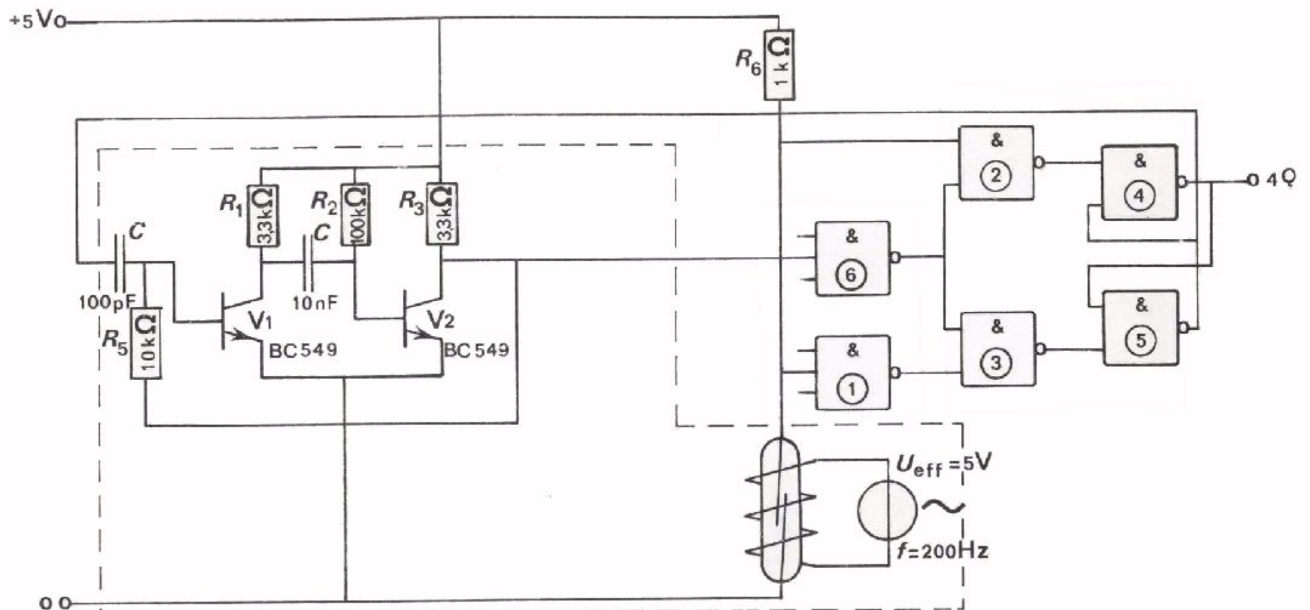
Een andere (maar duurdere) methode om de dender-gevolgen weg te werken, is het toepassen van een geheugenschakeling, b.v. een SR-flip flop met vier NAND's, een one shot en één inverter.
Een voordeel is dat er geen vertraging optreedt.

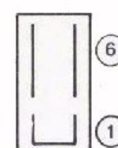


Zodra de schakelaar voor het eerst de punten 1 en 2 doorverbindt, krijgt de SR-flip flop S = 0 en R = 1 aangeboden. Hierdoor worden de uitgangen 4Q = 0 en 5Q = 1.
Als 5Q = 1 wordt, geeft de one shot een impuls waardoor de ingangen van NAND ② en ③ enige tijd 0 blijft.
De uitgang 6Q van de one shot blokkeert het veranderen van de SR-flip flop. Dendert de schakelaar, dan wordt afwisselend 1 en 0 aan de S en R-ingangen toegevoerd, die dan toch niet aan de uitgang doorgegeven wordt.

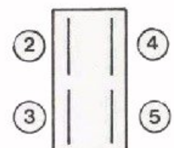
De impuls die door de one shot wordt afgegeven moet langer zijn dan het denderen duurt.
In de nu volgende opdracht gaan we dit zelf ervaren.

OPDRACHT: OPHEFFEN VAN HET DENDEREFFECT





3 NAND modul N7410



4 NAND modul N7400

- Bouw de monostabiele multivibrator en het "spoeltje met reed-contact" op het schakelpaneel.
- Bouw de SR-flip flop op het paneel en breng de verbindingen tussen de twee schakelingen aan.
- Bekijk met behulp van de dubbelstraaloscilloscoop de spanning over het reed-contact en op de uitgang 4Q.
- Aan de spanning over het reed-contact zien we het denderen van de

  contacten **wel/niet**

- Aan de spanning over de uitgang 4Q zien we het denderen van de

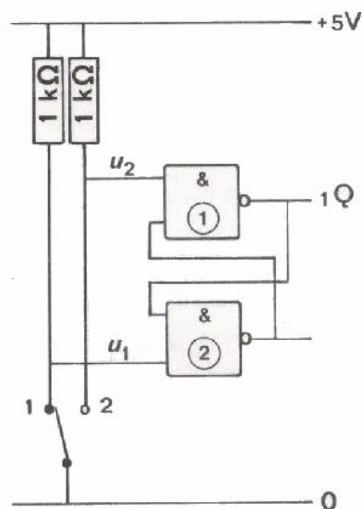
  contacten **wel/niet**

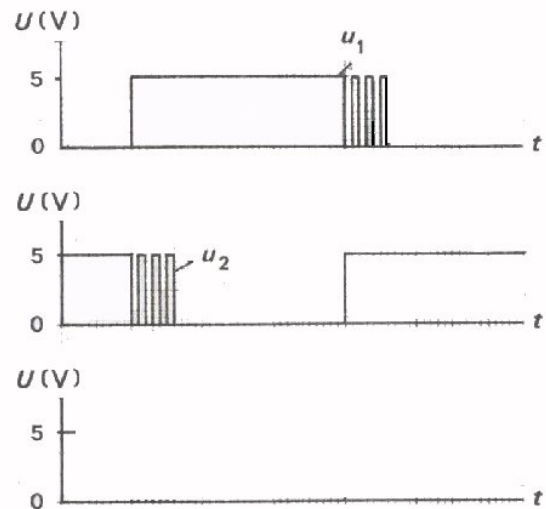
EEN EENVOUDIGER METHODE VOOR HET OPHEFFEN VAN HET DENDEREFFECT

Bij gebruik van een *omschakelaar* in plaats van een aan/uit schakelaar is een eenvoudiger anti-dender schakeling mogelijk.

We maken gebruik van slechts twee NAND's, die als flip flop zijn geschakeld.

- In stand 1 van de schakelaar is 1Q = 0.
- In stand 2 van de schakelaar is 1Q = 1.
- Teken de uitgangstoestand van 1Q wanneer de schakelaar omgezet wordt en de contacten van de schakelaar denderen.

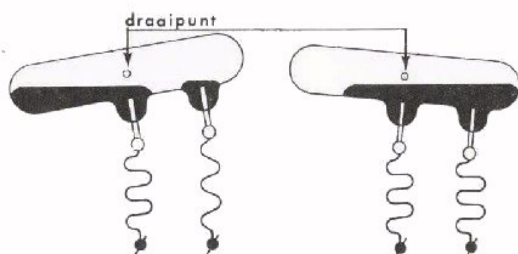




Dit is de methode die we in de schakelaar-modul hebben toegepast om het gevolg van het denderen van omschakelaars te voorkomen. (zie les D8).

DE KWIKSCHAKELAAR

Kwik is bij kamertemperatuur een vloeistof. Kwik is ook een metaal en, zoals nagenoeg alle metalen, een vrij goede geleider. Kwik heeft bovendien de eigenschap dat het niet aan glas kleeft. Deze eigenschappen maken kwik goed bruikbaar als schakelcontact.
Een glazen buis met 2 (of meer) contacten bevat een druppel kwik.
Door de glazen buis in een bepaalde stand te houden, kan de druppel kwik een verbinding tussen de contacten maken.



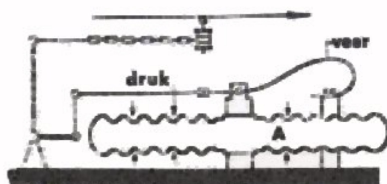
Hier ziet u een afbeelding van een uitvoering van de kwikschakelaar. Door de glazen buis te kantelen, worden de contacten doorverbonden.

Een toepassing van zo'n kwikschakelaar vindt u in sommige auto's voor de verlichting van de bagageruimte. De schakelaar is dan tezamen met een lampje aangebracht in de deksel van de bagageruimte. Moet men in de bagageruimte zijn, dan wordt de deksel geopend; de kwikschakelaar komt schuin te staan en het contact wordt gesloten; het lampje brandt.

Bij de besturing van machines wordt de kwikschakelaar wel gebruikt om te constateren of een bepaald onderdeel van de machine wel of niet een hoekverdraaiing heeft ondergaan. In een werkplaats is een kwikschakelaar alléén toegestaan als deze is beveiligd tegen breuk, omdat kwik zeer moeilijk te hanteren is in losse toestand. Het kan dan verdampen waardoor kwikvergiftiging in ons lichaam ontstaat. Ook breken de soepele toevoerdraden nogal gauw, waardoor men het gebruik van een kwikschakelaar vermijdt.

DE MANOMETER

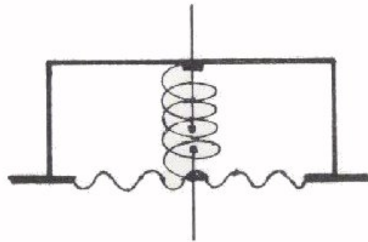
Een *manometer* is een drukmeter. Met een manometer wordt de druk van een gas gemeten. Een simpele uitvoering van een manometer is de barometer, die in vele huizen aanwezig is. Door de luchtdruk te meten, constateren we of we slechter of beter weer kunnen verwachten.



In principe bestaat de manometer uit een metalen doos met een soepel gegolfd metalen deksel. De doos is nagenoeg luchtledig A. Een veer zorgt ervoor dat de doos niet platgedrukt wordt.
Verschillen in druk worden door een aantal overbrengingen via een wijzer op een schaal aangegeven.

HET MANOCONTACT

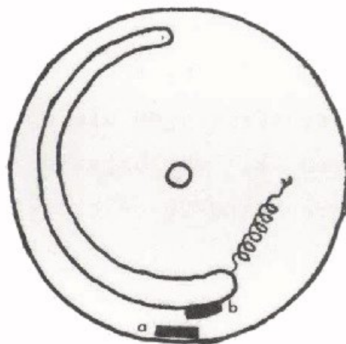
Het principe van de manometer wordt toegepast bij het zogenaamde *manocontact*.



Hiernaast een schematische weergave van zo'n manocontact.
Het gegolfde oppervlak, ook wel membraan genoemd, beweegt naar beneden als de lucht- of gasdruk toeneemt. Bij een bepaalde druk sluit het contact.

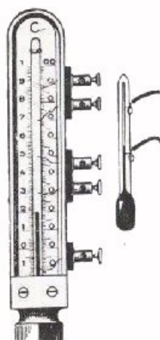
Een veer voorkomt dat het menbraan te ver kan doorbuigen. Manocontacten kunnen ook voor vloeistoffen worden gebruikt. Een voorbeeld hiervan is de oliedrukschakelaar in een auto.

CENTRIFUGAALSCHAKELAAR



Een centrifugaalschakelaar bestaat uit een vast contact a en een beweegbaar contact b. Beide zijn op een draaibare schijf gemonteerd. Contact b zit op een halve boogvormige strip, die om een draaipunt scharniert. Een veer houdt de contacten uit elkaar. De schijf wordt rondgedraaid om zijn as. Bij voldoende snelheid beweegt contact b zich van het middelpunt af tegen de trekkracht van de veer in.
De veer wordt daardoor gespannen. Als de omwentelingssnelheid groot genoeg is, worden de contacten a en b gesloten.
Met een centrifugaalschakelaar kunnen we constateren of een motor snel genoeg draait. We zeggen: de motor is "op toeren" zodra de schakelaar gesloten wordt.

DE CONTACT-THERMOMETER



Een speciale schakelaar die op temperatuur reageert is de *contact-thermometer*.
Boven de kwikkolom is op een gewenste plaats een contactdraad aangebracht, terwijl ook de kwikkolom van een contactdraad is voorzien. Zodra de temperatuur een bepaalde waarde bereikt wordt een verbinding gemaakt via het kwik.
Deze schakelaar werkt nauwkeurig op het bereiken van een bepaalde temperatuur.
De contact-thermometer werkt dendervrij.
De te voeren stroom moet klein zijn.

HET BIMETAAL





Een eenvoudige manier om een schakelaar te verkrijgen die op temperatuur reageert is een *bimetaal* met contactpunten. Bij een bepaalde temperatuur trekt één van de twee speciale contactveren krom en verbreekt of sluit een circuit.

Alle hiervoor genoemde mechanische schakelaars worden bij besturingen van machines wel als opnemers gebruikt. Elk heeft z'n eigen voor- en nadelen, die bij toepassing tegen elkaar worden afgewogen.

VOOR- EN NADELEN VAN MECHANISCHE OPNEMERS

Voordelen van mechanische opnemers:
- er is geen gecompliceerde schakeling nodig,
- zij kunnen *direct* grote stromen en spanningen schakelen.

Hier tegenover staan een aantal nadelen. Eén ervan, het denderen van verende contacten, is reeds uitvoerig besproken. Het houdt in dat een contact na het sluiten door trillen nog een aantal keren open en dicht gaat. Soms maakt dit nadeel de mechanische opnemer ongeschikt om te gebruiken.
Een enkele keer zijn de nadelige gevolgen van denderen te verhelpen door een corrigerend *RC*-netwerk toe te passen. Er treedt dan echter een extra tijdvertraging op.
Nóg beter is de toepassing van een "geheugen", b.v. met 2 NAND's, waarbij geen vertraging optreedt.

Een ander nadeel is de beperkte levensduur. Een mechanische schakelaar raakt meestal defect na minder dan 10 miljoen keer in- en uitschakelen. Dit lijkt op het eerste gezicht een groot aantal. Moet er echter éénmaal in de 3 seconden worden in- en uitgeschakeld, dan blijkt de levensduur in dat geval slechts één jaar te zijn.

Nog een nadeel is de mogelijkheid dat contacten gaan oxyderen. Oxydatie geeft storingen, die slechts af en toe optreden. Het opsporen van deze af en toe optredende storingen is een moeizaam en tijdrovend werk, dat langdurige stilstand van een machine kan veroorzaken.
Vanwege de nadelen verkiest men al gauw de nog te bespreken elektronische opnemers boven de mechanische. Dit neemt niet weg, dat vanwege hun eenvoud, voor mechanische opnemers gekozen wordt als hun nadelen niet al te zwaar wegen.
Een belangrijk punt bij de *keuze* tussen mechanische- en elektronische schakelaars is de aard van de schakeling, die achter de schakelaar komt. Bij elektronische schakelingen kiest men meestal elektronische opnemers; is de schakeling niet elektronisch, dan worden gewoonlijk mechanische opnemers toegepast.

EEN OVERZICHT VAN DE BESPROKEN MECHANISCHE OPNEMERS

De besproken mechanische opnemers plaatsen we nog eens op een rijtje, en vermelden daarbij op welke informatie ze reageren.

Mechanische opnemer	reageert op:
Tuimelschakelaar Draaischakelaar Drukschakelaar Micro-switch	mechanische kracht
Reed-contact	aanwezigheid van magnetisch veld
Kwikschakelaar	hoekverdraaiing
Mano-contact	gasdruk of vloeistofdruk
Centrifugaal-schakelaar	toerental
Contact-thermometer Bimetaal-schakelaar	temperatuur

ELEKTRISCHE OPNEMERS

Wanneer *niet-mechanisch* geschakeld wordt in een opnemer noemen we het een *elektrische* opnemer.

Bij elektrische opnemers wordt licht, geluid, temperatuur, magnetische inductie of mechanische kracht omgezet in een elektrische stroom of spanning.

De keuze van de opnemer wordt bepaald door:

- wat moet worden gemeten,
- waar moet worden gemeten,
- hoe de verkregen informatie moet worden verwerkt,
- de prijs die voor opnemers moet worden betaald.

Achtereenvolgens komen aan de orde:

- *Licht*opnemers : o.a. lichtgevoelige diode, lichtgevoelige transistor, zonnecel en dergelijke.
- *Ultrasone* opnemers : hierbij worden geluidstrillingen waargenomen die door het menselijk oor niet worden gehoord.
- *Temperatuur*opnemers : o.a. de PT100, een warmtegevoelige opnemer, en het thermokoppel. (Het thermokoppel geeft een spanning af als op een laspunt de temperatuur anders is dan in de omgeving).
- *Inductie*opnemers : o.a. VSO en EPD. (De uitgangsspanning verandert als een magnetisch geleidend voorwerp in de buurt komt).
- *Magnetische* opnemers : o.a. het Hall-plaatje (Daarmee wordt een magnetisch veld waargenomen).
- *Mechanische kracht*opnemers : o.a. het rekstrookje. (Hiervan verandert de weerstand als er een mechanische kracht op uitgeoefend wordt.

Een aantal van de hier genoemde opnemers zijn geen digitale opnemers. Toch bespreken we ze hier wel omdat ze vaak in combinatie met digitale informatie verwerking worden gebruikt.

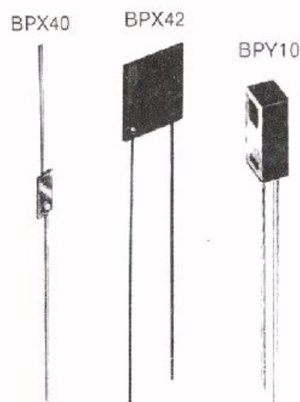
LICHT-OPNEMERS

In principe wordt bij de toepassing van licht-opnemers altijd gebruik gemaakt van een *lichtbron* die licht uitzendt en een *lichtgevoelig element* dat dit licht al of niet opvangt.

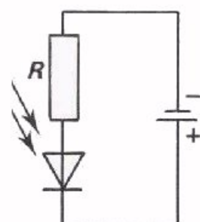
Als lichtbron kan een lamp gebruikt worden. Op korte afstand kan ook een LED (licht emitterende diode) gebruikt worden.

Als lichtgevoelig element kan men o.a. toepassen:
een foto-diode, een cadmium-sulfide cel, een solar cel of zonnecel, een foto-transistor.

Hieronder geven we van ieder een voorbeeld.

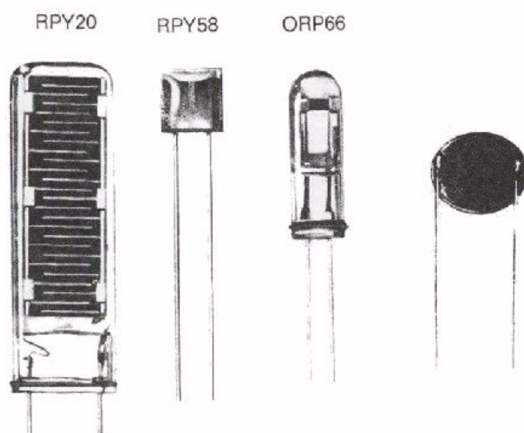


Een foto-diode is een kristal-diode waarbij de stroom in de diode verandert als er licht opvalt.

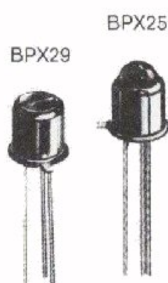


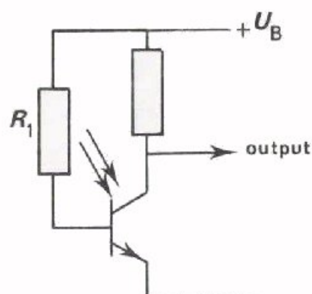
De diode wordt in de sperrichting op de spanningsbron aangesloten.

Een cadmium-sulfide cel (CSC) of LDR is een halfgeleider waarvan de weerstand verandert als er licht op valt.
LDR's gebruikt men bij voorkeur niet voor digitale doeleinden.
Ze zijn erg traag en hebben een grote spreiding in eigenschappen.



Bij een solar-cel of zonnecel wordt het licht dat op de cel valt rechtstreeks omgezet in elektrische energie. Een zonnecel reageert zéér snel op licht. Zonnecellen kunnen worden gebundeld tot een batterij die spanning afgeeft zolang er licht op valt.

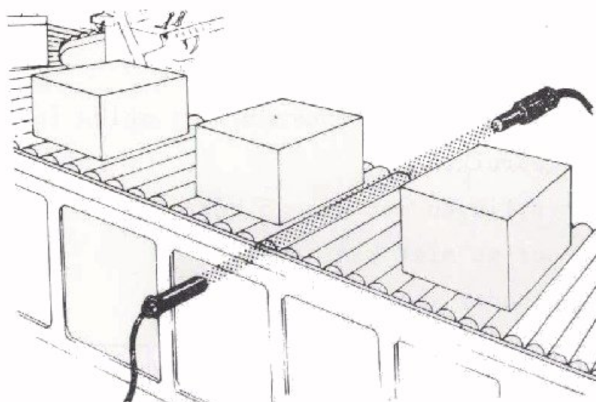




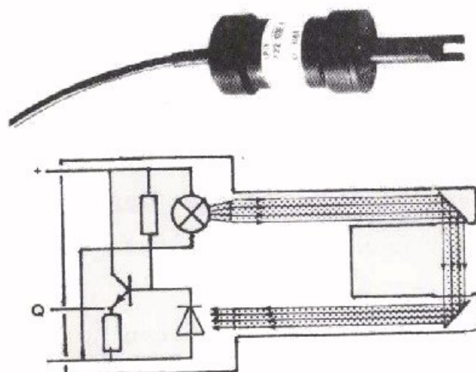
Bij een foto-transistor zal door het opvallende licht de basisstroom door de transistor versterkt worden. De foto-transistor is daarom zeer gevoelig voor weinig licht.

TOEPASSING VAN LICHTOPNEMERS

Bij het toepassen van lichtopnemers wordt door een voorwerp dat tussen lichtbron en lichtgevoelig element inkomt het licht onderschept. De lichtbron en het lichtgevoelige element kunnen elk afzonderlijk worden opgesteld, waarbij voorbijkomende produkten de lichtstraal onderbreken en de produkten geteld worden.



Ook kunnen lichtbron en lichtgevoelig element in één huis zijn ondergebracht. Een voorbeeld hiervan is de LIP (Light-Interruption-Probe = licht-onderbrekings-sonde). Het licht van een lampje gaat via twee glazen staafjes naar een lichtgevoelige diode. Wordt de lichtstraal onderbroken door een voorwerp in de gleuf, dan ontvangt de diode geen licht meer. Is géén voorwerp in de gleuf, dan valt alle licht op de diode - diodeweerstand is dan laag - en de uitgang is "0". Is de lichtstraal onderbroken, dan is de diodeweerstand hoog en de uitgang Q = "1".



Door gebruik te maken van een spiegel is het mogelijk om lichtbron en lichtgevoelig element aan één zijde bij elkaar te houden.
Zodra een voorwerp de lichtstraal onderbreekt valt onvoldoende licht op de opnemer.

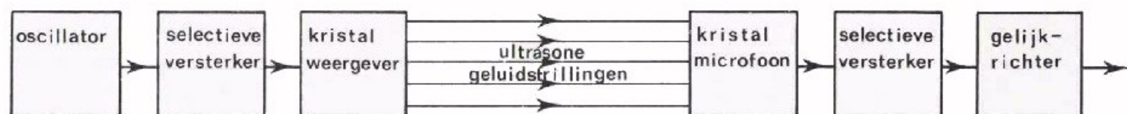


OPMERKING

De combinatie van een lichtbron en een lichtgevoelige opnemer gebruikt men ook wel om in een schakeling te kunnen schakelen zonder dat er een mechanische of galvanische verbinding aanwezig is tussen opnemer of de machine en de schakelaar in de schakelkast. Door het in- en uitschakelen van de lichtbron schakelt men als het ware met de lichtbundel.

ULTRASONE OPNEMERS

Moet men de aanwezigheid van een doorzichtig materiaal (b.v. een lichtdoorlatend folie) waarnemen, dan zijn de besproken lichtopnemers niet te gebruiken.
In dat geval is een zogenaamde *ultrasone opnemer* in combinatie met een *ultrasone trillingsbron* te gebruiken.
Ultrasone trillingen zijn trillingen met een zó hoge frequentie (bijv. 25 kHz), dat het menselijk oor ze niet kan horen.
Een ultrasoon systeem is hieronder geschetst.



De ultrasone trillingen kan men opwekken met een kristaloscillator.
Deze opgewekte spanningen worden versterkt en toegevoerd naar een weergever (kristalweergever) die een gerichte bundel ultrasone geluidstrillingen afgeeft.
Deze trillingen worden door een kristalmicrofoon opgevangen en omgezet in een spanning. De spanning wordt door een selectieve versterker versterkt en daarna gelijkgericht.
Indien een geluid doorgegeven wordt ontstaat er een gelijkspanning, bij afwezigheid van geluid is deze gelijkspanning nul.
Er is nu een digitaal signaal ontstaan "1" of "0".

De "selectieve" versterker is nodig om geluidsstoringen uit de omgeving zo goed mogelijk te onderdrukken.
Is een doorzichtige folie tussen de weergever en opnemer aanwezig, dan bereiken de ultrasone trillingen de opnemer niet. De digitale informatie is "0".
Is er géén folie aanwezig dan gaan de ultrasone trillingen wel door en is de digitale informatie "1".

Evenals met "een lichtbundel" kan men ook met een "ultrasone geluidsbundel" in een schakeling schakelen, zonder dat er een directe verbinding met deze schakeling aanwezig is.
Een voorbeeld is de afstandsbediening bij een T.V.-toestel.

OPMERKINGEN

Het principe om trillingen van een bepaalde frequentie te gebruiken en deze naderhand met een selectieve versterker te verwerken, past men bij lichtopnemers ook wel toe. Men heeft dan minder last van storingen. Het licht van een lichtbron, meestal een LED, wordt in een bepaalde frequentie aan- en uitgeschakeld. Na de lichtopnemer volgt een selectieve versterker die afgeregeld is om alléén fluctuaties met deze bepaalde frequentie door te geven.

TEMPERATUUR-AFHANKELIJKE WEERSTANDEN

Vervolgens komen we aan een temperatuurgevoelige opnemer, de Pt 100-weerstand. Een uit platina vervaardigde Pt 100-weerstand wordt vaak als opnemer gebruikt indien een temperatuurverandering moet worden omgezet in een spanningsverandering.

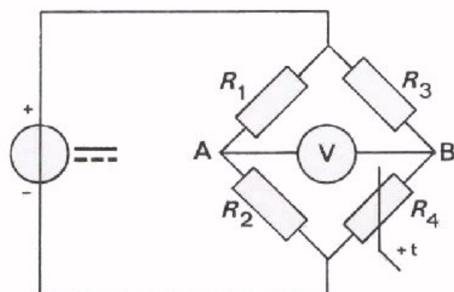
Dit past men toe bij:

- het meten van temperatuur,
- beveiliging tegen een te hoog oplopen van de temperatuur.

Men geeft de voorkeur aan een Pt 100-weerstand boven een PTC- of een NTC-weerstand omdat:

- een Pt 100 is nauwkeurig 100 Ω bij 25°C, terwijl de weerstandswaarden van PTC- en NTC-weerstanden een grote spreiding vertonen.
- de weerstandswaarde van een Pt 100 is lineair afhankelijk van de temperatuur, terwijl dit bij de PTC- en NTC-weerstanden niet het geval is.

De Pt 100-weerstand wordt vaak in een brug van Wheatstone toegepast.



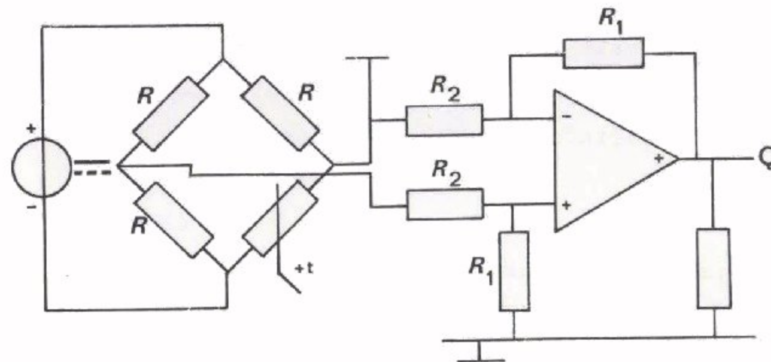
Is de brug in evenwicht, bij een bepaalde temperatuur, dan staat er tussen A en B geen spanning.
Bij een hogere omgevingstemperatuur van R_4 wordt deze weerstandswaarde groter. Punt A wordt dan negatief ten opzichte van punt B.
Bij een lagere omgevingstemperatuur is het omgekeerde het geval. De weerstandswaarde van R_4 wordt dan kleiner. A wordt dan positief ten opzichte van B.
De Pt 100-weerstand is eigenlijk een analoge opnemer.

OEFENING

In onderstaande schakeling wordt bij een bepaalde temperatuur de uitgangstoestand "1".

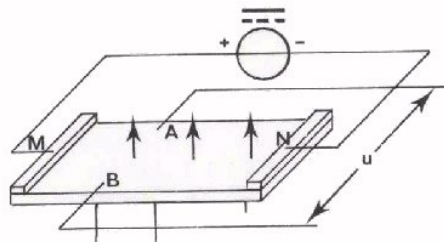
De temperatuur van de Pt 100- weerstand is dan **onder/boven**

een vast ingestelde waarde gekomen.



DE HALL-GENERATOR

Soms moet de sterkte van een magnetisch veld bepaald worden. Hierdoor is de *Hall-generator* geschikt.



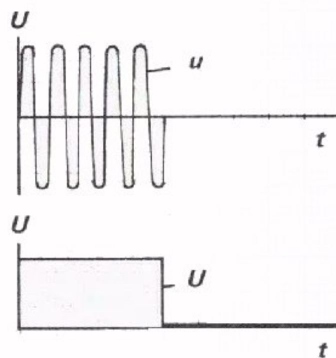
Een Hall-generator is een dun rechthoekig plaatje halfgeleider-materiaal met vier aansluitingen.

- Tussen de twee tegenover elkaar liggende aansluitingen M en N wordt een spanning U aangesloten.
- Tussen de twee tegenover elkaar liggende aansluitingen A en B ontstaat een spanning als een magnetisch veld loodrecht op het plaatje wordt aangebracht.

Hoe sterker het magnetisch veld is, des te sterker is de spanning U_{AB}.
Op de werking van deze omzetter gaan we verder niet in.

NABIJHEIDSDETECTORS (INDUCTIEVE OPNEMERS)

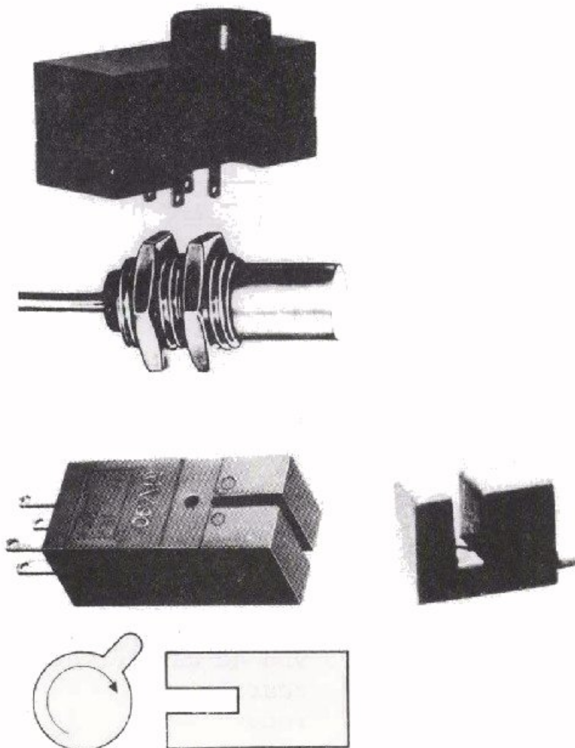
Een *nabijheidsdetector* is een elektronische opnemer die reageert op een *geleidend* voorwerp dat in de buurt van de opnemer gebracht wordt.
Hij bestaat uit een oscillator.
Dit is een schakeling die een wisselspanning opwekt als er een voedingsgelijkspanning op aangesloten wordt.
Hij gedraagt zich als een wisselspanningsbron met een bepaalde e.m.k. en een bepaalde R_i.
Evenals een normale spanningsbron daalt zijn afgegeven wisselspanning naarmate men hem zwaarder belast. Hij kan zelfs zo zwaar belast worden dat hij ophoudt als oscillator te werken en daardoor in het geheel geen wisselspanning meer opwekt.
Het belasten van de oscillator geschiedt bij een nabijheidsdetector echter op een bijzondere manier.



De oscillator veroorzaakt namelijk een magnetisch wisselveld in zijn directe omgeving. Wordt een geleider in deze omgeving gebracht, dan induceert het wisselveld daarin wervelstromen (denk hierbij aan de wervelstromen in de kern van een transformator).
Deze wervelstromen vertegenwoordigen nu de "belasting", de oscillator wordt gedempt.
Is het geleidende voorwerp vlak bij de opnemer, dan houdt de oscillator op met oscilleren.
De in de nabijheidsdetector opgewekte wisselspanning *u* wordt gelijkgericht.
Deze gelijkspanning is van de opnemer af te nemen.

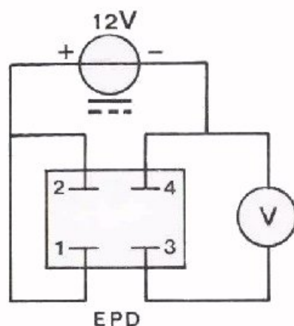
In plaats van het "*dempen* van de trillingskring van een oscillator" kan men ook een trillingskring *afschermen*.
Het geleidende voorwerp wordt dan tussen de spoel van de trillingskring en de spoel die er inductief mee is gekoppeld (om voor de meekoppeling te zorgen) gebracht.
De trillingskring wordt afgeschermd en er treedt geen terugkoppeling meer op; de oscillator wekt dan geen wisselspanning meer op.

We noemen hier twee soorten nabijheidsdetectors.



- De EPD, een afkorting van de engelse naam Electronic Proximity Detector (= elektronische nabijheids detector). De EPD wordt belast door een geleider in de buurt van de cylindrische kop te brengen.
  In een volgende opdracht gaan we hieraan meten.
  OPMERKING: De in de EPD 60 verkregen gelijkspanning wordt door een GES "omgekeerd". Hierdoor geeft "niet oscilleren" wel een uitgangsspanning en "wel oscilleren" geen uitgangsspanning.
- De VSO, een afkorting van de engelse naam Vane Switched Oscillator (= door een vaan geschakelde oscillator) wordt belast door een geleider in zijn gleuf te brengen. De geleider vormt dan de "vaan", die de oscillator zó sterk kan belasten, dat hij "uitgeschakeld" wordt. Ook aan een VSO gaan we in de komende opdracht meten.

OPDRACHT: METEN AAN EEN EPD EN EEN VSO

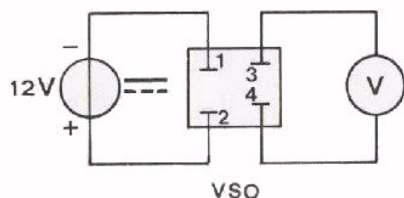


Kleuren aansluitdraden:
1 en 2. rood
3 grijs
4 zwart

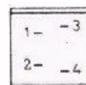


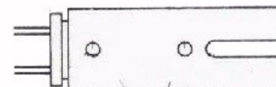
- Bouw deze schakeling met de EPD 60.
- Breng achtereenvolgens de verschillende verstrekte metalen voorwerpen bij het centrum van het ronde gevoelige vlakje.
- Meet hoeveel de uitgangsspanning verandert. $U_o - U_m$ = [V]

U_o-spanning zonder voorwerp
U_m-spanning met voorwerp.



Kleuren van de aansluitdraden:
1. zwart
2. rood
3 en 4. grijs





- Bouw deze schakeling met de VSO.
- Breng achtereenvolgens verschillende metalen voorwerpen in de sleuf.
- Meet de verandering van de spanning. $U_o - U_m$ = [V]

Wat is het verschil tussen de meteruitslag bij de EPD en bij de VSO als er geen metalen voorwerp in de buurt is?

Antwoord: [EPD: VSO:]

Welke van de twee, EPD of VSO, geeft de grootste spanningsverandering als een voorwerop in de buurt gebracht wordt?

Antwoord: [ ]

Welk van de twee, EPD of VSO, kan de kleinste voorwerpen "waarnemen"?

Antwoord: [ ]

EIGENSCHAPPEN VAN ELEKTRONISCHE OPNEMERS

Elektronische opnemers hebben ten opzichte van mechansiche opnemers de volgende voordelen.

- ze zijn beter bestand tegen weersinvloeden en vocht. Alléén bij lichtgevoelige opnemers kan hinderlijke vervuiling optreden, zodat deze af en toe schoon gemaakt moeten worden,
- ze bezitten geen bewegende delen en zijn daarom niet aan slijtage onderhevig. De levensduur is zeer groot.

Evenals we dit gedaan hebben met de besproken mechanische opnemers geven we van de behandelde elektronische opnemers nog een overzicht.

Elektronische opnemers	reageren op:
foto-diode cadmium-sulfide cel (C.S.C.) solar cel fototransistor LIP (light interruption probe)	licht
ultrasone opnemer	ultrasoon geluid (boven 20 kHz)
inductieve opnemers: - EPD (electronic proximity detector) - VSO (vane switched oscillator)	aanwezigheid van een geleider
Pt 100-weerstand	temperatuur
Hall generator	magnetisch veld

Er zijn nog vele andere opnemers. Deze zijn niet in deze les besproken omdat volledigheid te ver zou voeren.
Komt u ze in de praktijk tegen, dan leert u ze gauw genoeg kennen aan de hand van de gebruiksaanwijzing en de kennis die u hier hebt opgedaan.

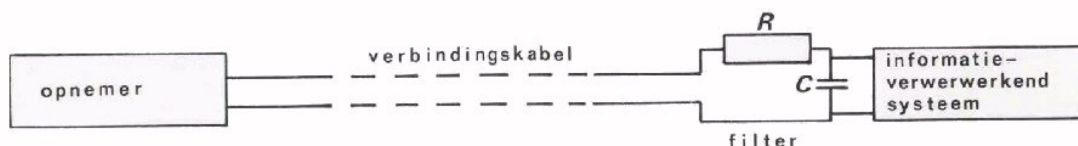
VERBINDINGEN TUSSEN OPNEMERS EN INFORMATIEVERWERKENDE SCHAKELINGEN

Zowel bij mechanische- als bij elektronische opnemers vormen *storingen* de grootste vijand bij de informatieverwerking.
Storingen kunnen vooral opgepikt worden door de verbindingskabel tussen opnemer en informatieverwerkende schakeling. Deze verbindingskabel kan bijvoorbeeld in de buurt van een netkabel liggen. Tussen de verbindingskabel en de netkabel is enige capaciteit aanwezig. Een deel van een stoorspanning die in de netkabel optreedt, kan via genoemde capaciteit bij de verbindingskabel terecht komen en een ongewenst effect hebben.
Stoorspanningen in een netkabel zijn niet denkbeeldig: tijdens een onweer heeft men wel spanningspieken van meer dan 8000 V op een netkabel gemeten!

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk om te voorkomen dat een verbindingskabel storingen oppikt. We noemen er drie van.

1. Het gebruik van een *afgeschermde kabel* als verbindingskabel.
   De afscherming moet daarbij *geaard* zijn en mag slechts aan één zijde aan de aarde van het informatieverwerkende systeem zijn aangesloten.
   De 0 V hoeft niet altijd geaard te zijn!
   We komen daar in een latere digitale les op terug.

2. Het gebruik van een *ingangsfilter* tussen verbindingskabel en informatieverwerkend systeem. Dit is een laagdoorlaatfilter, dat kortstondige stoorpieken onderdrukt. Een voorbeeld is hieronder gegeven.
   Een nadeel van het *RC*-filter is de beperking van de snelheid van verwerking van het systeem.



3. Het gebruik van een galvanisch gescheiden circuit.
   Dit kan bijvoorbeeld door toepassing van een reed-contact (hoewel deze traag is) of een schakeling waarbij met licht gekoppeld wordt (blad 19).

SAMENVATTING

- *Opnemers* zijn nodig om een binnenkomende "niet-elektrische" informatie om te zetten in een elektrische informatie, die door het elektronische systeem verder verwerkt kan worden.
  "Niet-elektrische" informaties zijn bijvoorbeeld: mechanische kracht, hoekverdraaiing, toerental, gasdruk, aanwezigheid van geleider, aanwezigheid van magnetisch veld, licht, geluid, temperatuurverandering.

- Men onderscheidt mechanische- en elektronische opnemers.

  Voordelen van mechanische opnemers zijn:
  - eenvoudig;
  - gemakkelijk te begrijpen;
  - kunnen vaak direct grote wisselstromen en wisselspanningen schakelen.

- Voordelen van elektronische opnemers zijn:
  - geen bewegende onderdelen;
  - lange levensduur;
  - goed bestand tegen atmosferische omstandigheden;
  - er zijn elektronische opnemers die veel sneller reageren dan met mechanische opnemers mogelijk is.

- Men moet er voor zorgen dat verbindingskabels tussen opnemers en informatieverwerkende systeem geen *storingen* oppikken.

  Hiervoor kan men:
  - afgeschermde kabels gebruiken;
  - een laagdoorlatend filter aanbrengen tussen kabel en systeem.

- De besproken opnemers zijn:

Mechanische opnemers	reageren op:
Tuimelschakelaar Draaischakelaar Drukschakelaar Micro-switch	mechanische kracht
Reed-contact	aanwezigheid van magnetisch veld
Kwikschakelaar	hoekverdraaiing
Mano-contact	gasdruk of vloeistofdruk
Centrifugaal-schakelaar	toerental
Contact-thermometer Bi-metaal schakelaar	temperatuur

Elektronische opnemers	reageren op:
foto-diode cadmium-sulfide cel (C.S.C.) solar cel foto-transistor LIP (light interruption probe)	licht
ultrasone opnemer	ultrasoon geluid (boven 20 kHz)
inductieve opnemers: - EPD (electronic proximity detector) - VSO (vane switched oscillator)	aanwezigheid van een geleider
Pt 100-weerstand	temperatuur
Hall-generator	magnetisch veld

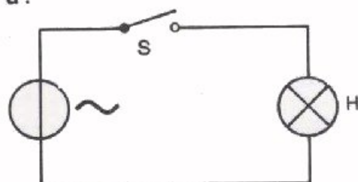
NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

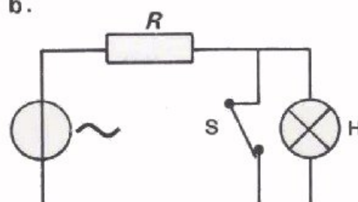
1. Door middel van een micro-switch en een lamp wordt de beveiliging van een machine nagebootst.
De micro-switch wordt ingedrukt als de beveiliging aanwezig is.
Er zijn twee signaleringssystemen mogelijk:

a.



Het lampje H gaat branden en geeft het sein "veilig" als de micro-switch S sluit.

b.



Het lampje H gaat branden en geeft het sein "veilig" als de micro-switch de kortsluiting over H onderbreekt.

Welk van beide methoden verdient volgens U de voorkeur?
(Bedenk daarbij dat verbindingen "per ongeluk" onderbroken kunnen zijn".

Antwoord:

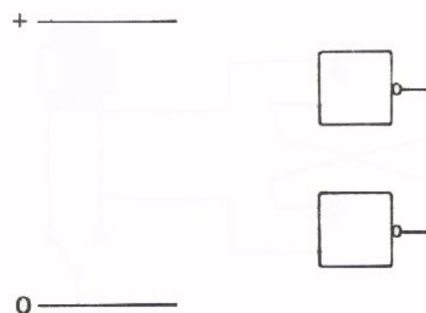
2. Een vat wordt automatisch gevuld met een vloeistof. Als de regeling uitvalt zal het vat te vol raken. Er wordt een extra beveiliging aangebracht die "alarm" geeft als het vat te vol raakt. Iemand moet dan het vullen van het vat stop zetten.
Het alarmsignaal kan worden gegeven door met een schakelaar:
a. een leiding te onderbreken,
b. een leiding te sluiten.

Welke methode verdient volgens U de voorkeur en waarom?

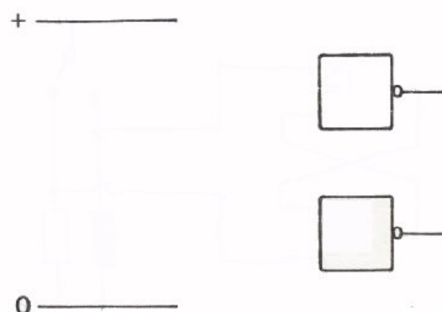
Antwoord:

3. Een schakelaar moet aangesloten worden op een elektronische schakeling. Om ongewenste informatie te voorkomen past men een anti-dender schakeling toe.

- Teken de anti-dender schakeling met behulp van NAND's.



- Teken de anti-dender schakeling ook eens met NOR's.

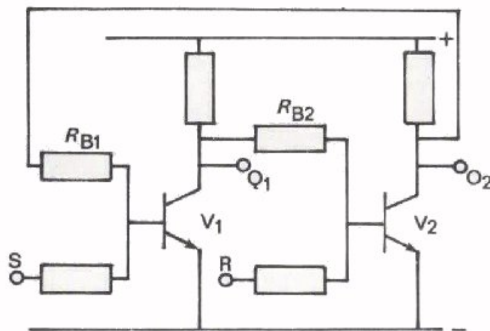


D 17

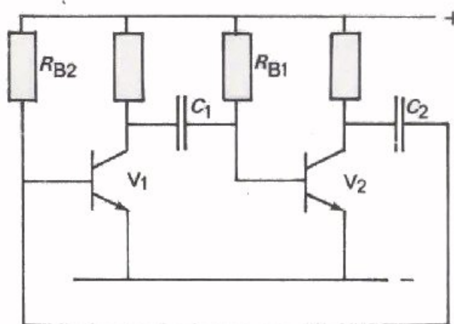
TIJDSINVLOEDEN IN DIGITALE SYSTEMEN (VERTRAGINGEN)

INLEIDING

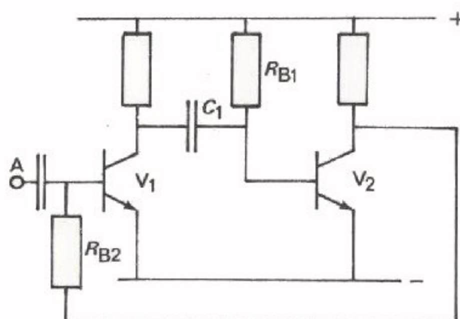
In de vorige lessen hebben we besproken hoe blokvormige spanningen verkregen worden zowel met als zonder stuurimpulsen.



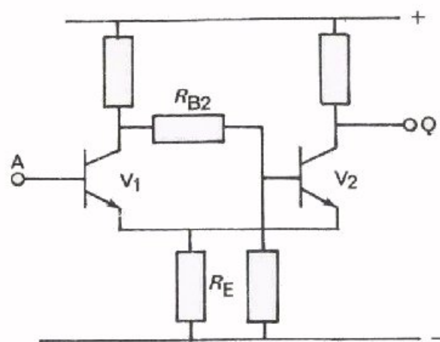
- Met behulp van een flip-flop of bistabiele multivibrator is een blokspanning te verkrijgen door beurtelings aan de ene en aan de andere ingang een impulsspanning toe te voeren. De schakeling is evenals de andere multivibrators uit twee versterkerschakelingen in GES samengesteld. Bij deze multivibrator vinden de koppelingen tussen de trappen plaats via de weerstanden R_{B2} en R_{B1}.



- Met behulp van een astabiele- of vrijlopende multivibrator wordt een blokspanning opgewekt zonder dat daarvoor sturende impulsen nodig zijn. Bij deze multivibrator vinden de koppelingen plaats via de condensators C_1 en C_2. De frequentie wordt bepaald door: $0{,}7.R_{B1} . C_1 + 0{,}7\ R_{B2} . C_2$.



- Met behulp van een monostabiele multivibrator is een blokspanning te verkrijgen door een reeks van spanningspieken aan ingang A toe te voeren. Elke piek veroorzaakt een impuls met een breedte, die bepaald is door $0{,}7.R_{B1} . C_1$. In de stabiele toestand voert V_2 in verzadiging stroom. Bij deze multivibrator vinden de koppelingen plaats via C_1 en via R_{B2}.



- Met behulp van een pulse-shaper of impulsvormer kan een sinusvormige spanning omgezet worden in een kanteelspanning. Als voorbeeld van een pulse-shaper is de Schmitt-trigger behandeld. Deze bestaat uit een transistorschakeling met gemeenschappelijke emitterweerstand R_E (een zogenaamde "long tailed-pair"-schakeling), waarbij de collector van V_1 via R_{B2} met de basis van V_2 is doorverbonden.

VERTRAGING

Over het algemeen heeft een signaal enige tijd nodig om een schakeling te doorlopen, al is dit dan ook een zeer korte tijd. Heeft men echter een groot aantal schakelingen achter elkaar, dan zal het doorlopen van al deze schakelingen veel meer tijd kosten. Dit kan van invloed zijn op de werking van een digitaal systeem. Over deze invloed handelt deze les.

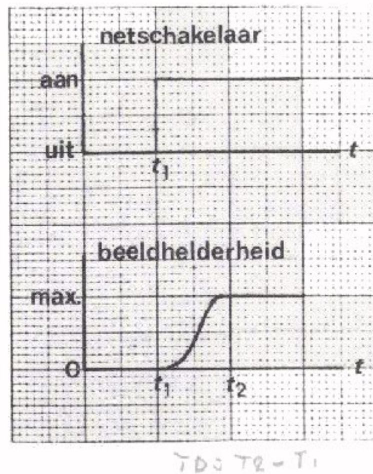
Tijdsvertraging is vaak ongewenst en hinderlijk. Denk maar eens aan een radioverbinding van astronauten op de maan met het "aard"-station in Houston. Een bericht heeft 1,5 s nodig om van de aarde naar de maan te komen of omgekeerd.

Soms is vertraging niet hinderlijk. Een voorbeeld hiervan is dat een TV-ontvanger niet direct na het inschakelen een beeld geeft.

Een vertraging kan juist gewenst zijn. Een voorbeeld hiervan is vuurwerk dat pas enige tijd na het ontsteken van de lont in werking mag treden.

TIJDSVERTRAGING

De tijd die verloopt tussen het commando en de uitvoering, noemen we de *vertragingstijd* of kortweg de *vertraging*. De vertraging kan goed weergegeven worden met behulp van functie-tijd-diagrammen.

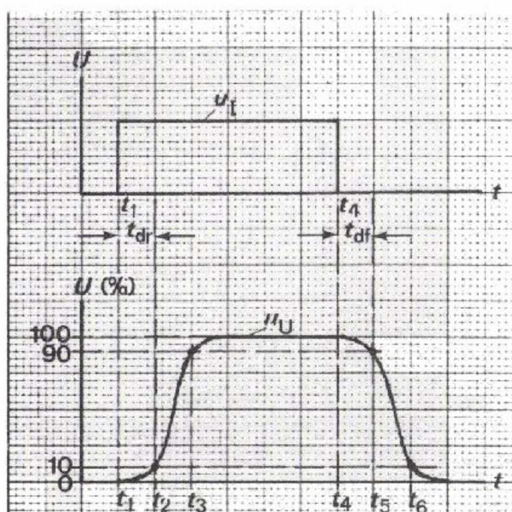


Een TV-ontvanger wordt bijvoorbeeld op tijdstip t_1 ingeschakeld. Het duurt dan enige tijd, bijvoorbeeld tot het moment t_2, voordat het beeld zijn maximale helderheid heeft verkregen. De vertragingstijd, aangeduid met t_d, is dan:

$$t_d = t_2 - t_1$$

De letter d komt van het engelse woord delay(uitgesproken dieleeĭ) = vertraging.

Elke digitale schakeling geeft de te verwerken blokspanningen met enige vertraging door. Is de te verwerken blokspanning aan de ingang vrijwel ideaal, dan is het signaal na de verwerking vaak lang zo ideaal niet meer. De flanken zijn minder steil en de hoeken afgerond. Men heeft enkele afspraken gemaakt om de grootte van de vertraging en de steilheid van de flanken te kunnen opgeven. Dit is hieronder in tijd-volgorde-diagrammen weergegeven voor een voorbeeld met een positieve impuls.





De in- en uitgangsimpuls van een schakeling met een vertragende werking zijn getekend. De uitgangsimpuls wordt in procenten van de maximale spanning opgegeven. De belangrijkste punten zijn die waarbij de spanning 10% en 90% van de maximale waarde bereikt. Men heeft afgesproken:

$t_2 - t_1 = t_{dr}$ = stijg-vertragingstijd

$t_3 - t_2 = t_r$ = stijgtijd

$t_5 - t_4 = t_{df}$ = afval-vertragingstijd

$t_6 - t_5 = t_f$ = afvaltijd

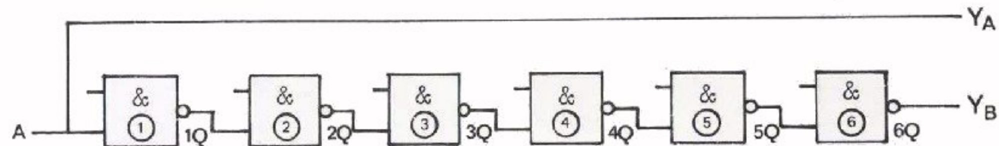
De letters r en f komen van de engelse woorden:

rise (uitgesproken "raiz") = stijging

fall (uitgesproken "fol") = val

VERTRAGING DOOR 6 OPEENVOLGENDE NAND's

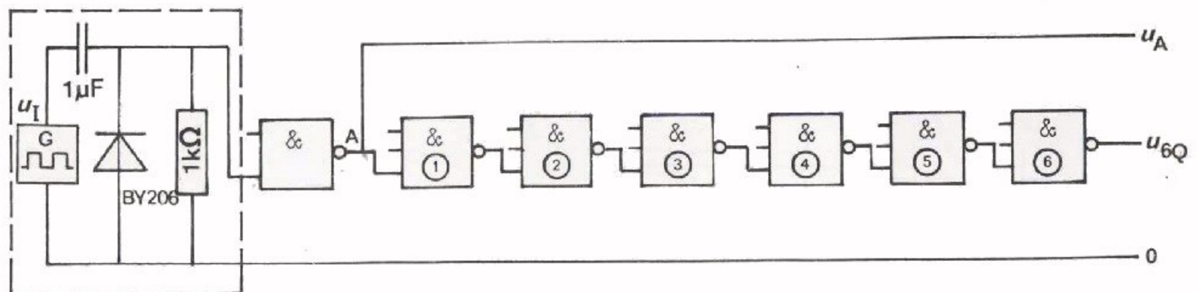
Sluiten we één impuls op een NAND aan, dan zal deze impuls enige tijd later aan de uitgang komen. Deze vertraging noemen we t_d. Doorloopt de impuls achtereenvolgens 6 NAND's, dan is de totale vertraging $t_{d(tot)}$ = 6 t_d.



In de volgende opdracht gaan we de $t_{d(tot)}$ met behulp van een dubbelstraal-oscilloscoop meten. We meten de t_d van 6 in serie staande NAND's, omdat de vertraging door één NAND zó klein is, dat deze onze meters moeilijk te meten valt, de vertragingstijd die we nu meten is zelfs nog minder dan 1μs.

Bij de dubbelstraaloscilloscoop voeren we aan de Y_A- en de Y_B- ingang het signaal A en het signaal 6Q toe. Aan de onderlinge verschuiving is te zien hoe groot de vertraging $t_{d(tot)}$ is.

OPDRACHT: METEN VAN DE VERTRAGING DOOR NAND's



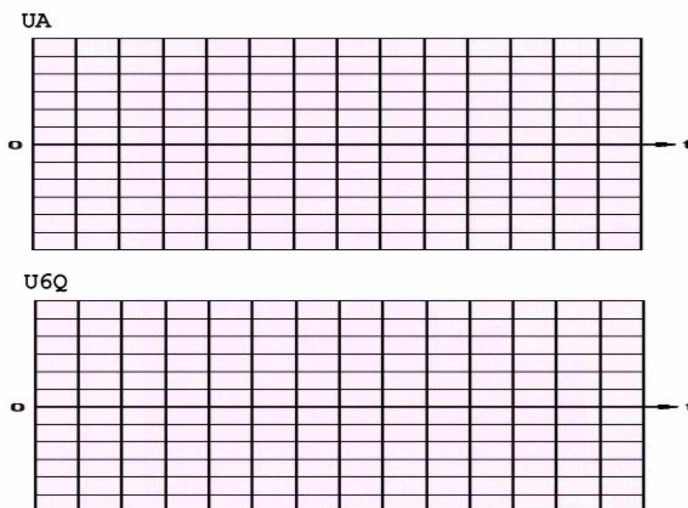
- Bouw nevenstaande schakeling met 6 NAND's. Gebruik daarvoor twee 3 NAND modullen N7410. We gebruiken zes NAND's om de vertraging met onze meters beter te kunnen aflezen.

- Als stuursignaal wordt een blokspanningsmeter gebruikt. De negatieve spanningshelft wordt onderdrukt. De blokspanningsgenerator stuurt een aparte NAND N7400. Dit geheel dient om een goede positieve pulserende gelijkspanning te verkrijgen.

- Maak de ingangsspanning van de blokspanningsgenerator ongeveer 3 V top-topwaarde. Neem $f = 5.10^5$ Hz.

- Maak u_I zichtbaar door deze aan de Y_B- ingang van een dubbelstraaloscilloscoop toe te voeren. Maak oòk u_A zichtbaar door deze aan de Y_A-ingang toe te voeren. Draai de "X MAGN. X5" knop rechtsom. Trigger extern met u_A. Gebruik de bij de oscilloscoop behorende meetkabels in verband met de hoge frequenties.

- Voer achtereenvolgens in plaats van u_I de uitgangsspanningen van ①, ②, ③, ④, ⑤ en ⑥ aan de Y_B-ingang toe. Probeer telkens de vertraging t.o.v. u_A te bepalen. U ervaart dat dit bij de lage NAND-nummers moeilijker is dan bij de hoge nummers. Schets hieronder de signalen u_A en u_{6Q} die U meet.



- Bepaal de totale voorflank vertraging.

OPMERKING

De vertraging is goed van de oscilloscoop af te lezen, omdat "X MAGN. X5" geheel rechtsom gedraaid is. De tijdbasis is nu uitgerekt, en wel 5x. Bij de tijdbasisknop lezen we nu 5x de werkelijke tijd/div. af.

$t_{d(tot)} \simeq$ [ ] ns

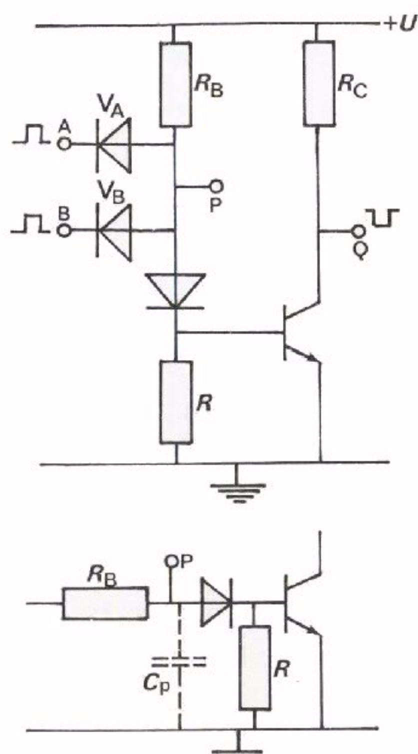
- De vertraging t_d door één NAND is dus:

$t_d \simeq$ [ ] ns

- Breek de schakeling nog niet af.

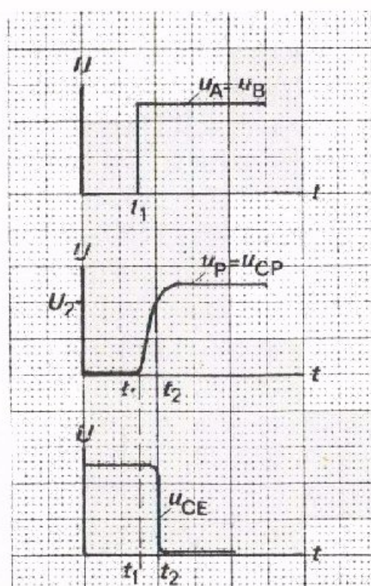
OORZAKEN VAN VERTRAGING

Wat zijn de oorzaken van vertragingen, zoals we die in de vorige opdracht gemeten hebben ?



Hiernaast staat het principe-schema van een eenvoudige NAND. We veronderstellen dat aan A en B gelijktijdig een rechthoekige impuls wordt toegevoerd. Als op een moment de dioden V_A en V_B gesperd worden (A en B beiden +), gaat de spanning op punt P plotseling stijgen. Deze plotselinge stijging resulteert pas enige tijd later in een spanningsdaling op Q.

We hebben een deel van het schema opnieuw getekend. Daarbij is ook aangeduid dat tussen punt P en ⏚ enige parasitaire capaciteit C_p aanwezig is. Deze capaciteit wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld eigen capaciteiten van de diode en van de transistor. De capaciteit C_p is er de oorzaak van dat de spanning op punt P niet sprongsgewijs hoger kan worden. Het duurt enige tijd om de capaciteit C_p via R_B tot een hogere spanning $U_C = U_p$ te laden.



In de grafieken is het verloop van $u_A = u_B$ en $u_P = u_{CP}$ weergegeven. Op moment t_1 worden de spanningen u_A en u_B beiden $+U$. De transistor kan dan pas goed geleiden als u_{BE} voldoende gestegen is tot minstens $\simeq 0{,}6$ V. Dit is het geval als de spanning op punt P gelijk is geworden aan $U_2 \simeq 1{,}2$ V. In de grafiek is dit t_2. Pas daarna zal u_{CE} snel gaan dalen.
De spanningsverandering van u_{CE} aan de uitgang treedt dus $t_2 - t_1$ seconden later op dan de verandering van u_A en u_B naar $+U$ aan de ingang.

$t_d = t_2 - t_1$ = vertragingstijd.

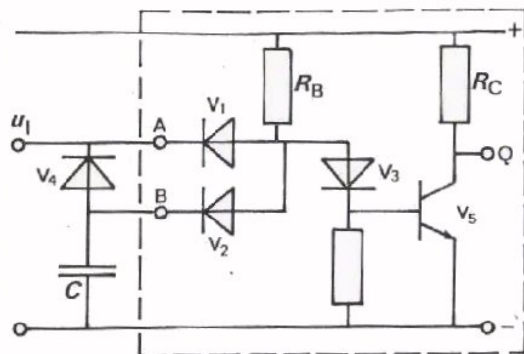
GEWENSTE VERTRAGING

In de zojuist besproken NAND schakeling is verondersteld dat de parasitaire *capaciteit* de enige oorzaak van vertraging is. Behalve capaciteiten treden er echter nog andere oorzaken van vertraging op. *Dioden* zowel als *transistors* veroorzaken ook vertraging. Vandaar dat we bij een diode of een transistor spreken van de "snelheid waarmede een signaal wordt verwerkt".

We merkten eerder op dat *zelfinductie* een oorzaak van vertraging kan zijn. Evenals het tijd kost om een condensator tot zekere spanning te laden, kost het tijd om stroom in een spoel te laten ontstaan.

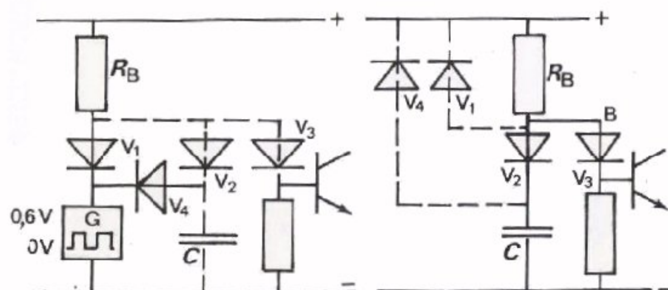
Over het algemeen zijn vertragingen ongewenst. Soms zorgen we echter expres voor een bepaalde vertraging om daar dan gebruik van te maken. De gewenste vertraging is dan vaak extra groot. Als voorbeeld dient het sluiten van een liftdeur. Gaan we een lift binnen, drukken daarna op de knop van de gewenste etage, dan duurt het toch nog enige tijd voordat de deur dicht gaat. Er kunnen nog meer personen de lift in willen. Er is vertraging gewenst.

Op volgend blad wordt een mogelijkheid besproken om de vertraging van een DTL-NAND extra te vergroten.



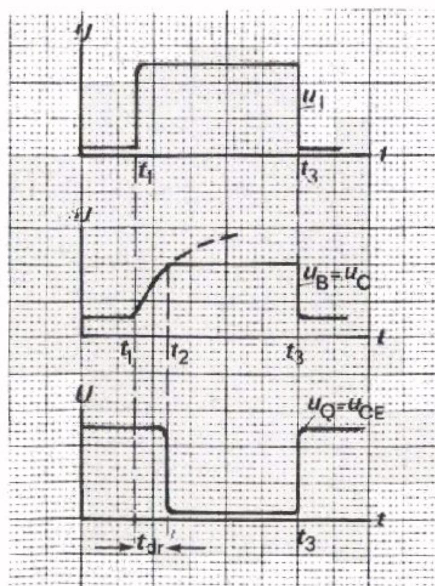
Hiernaast is een mogelijkheid getekend om bij DTL-NAND's tot een grotere vertraging te komen. Hetzelfde is toe te passen bij TTL-NAND's.

De NAND wordt voorafgegaan door een condensator C die een vertragende invloed heeft op de schakeling en diode V_4.



Stel dat u_I aanvankelijk 0 V bedraagt. Dan loopt er een stroom via R_B, V_1 en de spanningsbron u_I. Over de C staat nu zeer weinig spanning, zodat ook u_{BE} van de transistor laag is, waardoor de transistor geen stroom voert.

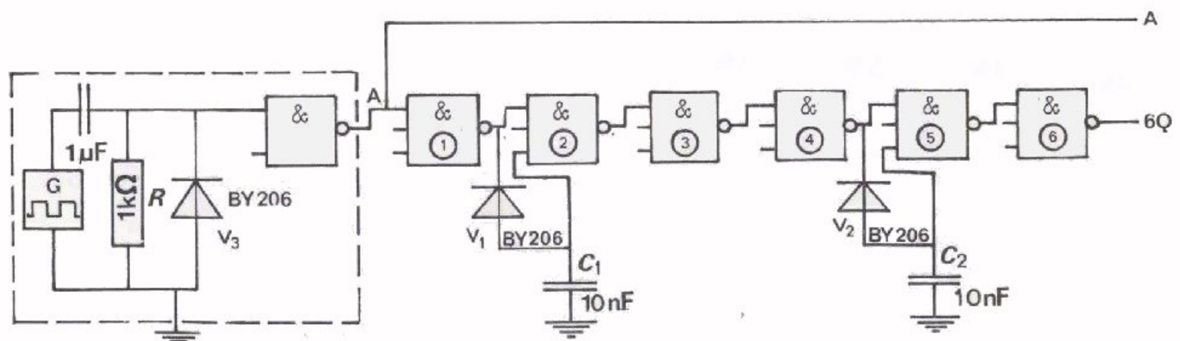
Wordt u_I daarna op moment t_1 positief, dan worden V_1 en V_4 gesperd. Er gaat via R_B en V_2 een laadstroom naar de condensator C lopen. Door de aanwezigheid van condensator C kan punt B niet snel in spanning stijgen, zodat u_B en u_{BE} slechts langzaam stijgen. Dit duurt zolang tot de transistor in geleiding komt; moment t_2. De transistor raakt dan snel in verzadiging en u_{CE} neemt af tot bijna 0 V. Door het aanbrengen van condensator C zal dus de collectorspanning later afnemen dan dat u_I toeneemt. Deze vertragingstijd $t_d = t_2 - t_1$ hangt af van het produkt $R_B.C$.
Deze vertragingstijd is te vergroten door de capaciteit te vergroten. Neemt op moment t_3 de u_I af tot bijna 0 V, dan gaat V_4 stroom voeren. Nu wordt C via V_4 en de u_U-bron ontladen. V_1 gaat geleiden zodat u_{BE} snel afneemt en de transistor afgeknepen raakt. De spanning $u_{CE} = u_Q$ neemt snel toe.



De *stijgende* voorflank wordt als een spanningsdaling doorgegeven maar dan wel vertraagd. De dalende achterflank wordt niet vertraagd als een spanningsstijging doorgegeven. Moeten we met deze NAND's de achterflank vertragen dan dienen we de impuls eerst om te keren, zodat deze flank een stijgende wordt in plaats van een dalende.

In een volgende opdracht gaan we de voor- en de achterflank van een impuls vertragen, door middel van een C en een diode.

OPDRACHT: METEN VAN VERGROTE VERTRAGINGEN



- Breid de schakeling op Uw paneel uit door tussen de NAND's ① en ② zowel als tussen de NAND's ④ en ⑤ een extra vertraging aan te brengen met behulp van dioden en condensators. V_1, V_2 en V_3 zijn gemonteerd op tweepolen, eveneens de condensators C_1 en C_2.
  Houd de verbindingen KORT! Verbind de aarde van elke C met een 0 op de 3 NAND-modullen (N7410).
- Voer een u_I toe met een top-top waarde van 3 V en een frequentie van 500 Hz.
- Voer A aan de Y_A-ingang en 6Q aan de Y_B-ingang van de dubbelstraaloscilloscoop toe, Trigger extern met u_A. Gebruik de meetkabels van de oscilloscoop.
- Meet de vertraging van de voorflank t_{dr} = [ ]
- Meet de vertraging van de achterflank t_{df} = [ ]
- Verwijder V_1 en C_1 (tussen ① en ②).
  U ziet dat de vertraging van de

voor/achter flank dan veel kleiner is.

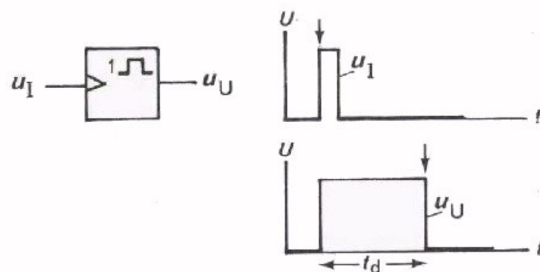
- Verwijder ook V_2 en C_2.

Hierdoor is de **voor/achter** flankvertraging veel kleiner.

DE ONE-SHOT (MONOSTABIELE MULTIVIBRATOR) ALS VERTRAGINGSELEMENT

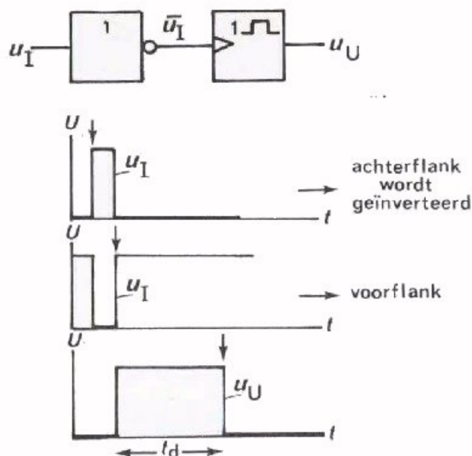
In het voorgaande hebben we gezien dat zowel een stijgende als een dalende spanningsflank vertraagd kan worden. Er zijn speciale schakelingen om stijgende hetzij dalende spanningsflanken zeer sterk te vertragen.

Een vertragingsschakeling voor niet ál te grote vertragingen is de ons reeds bekende monostabiele multivibrator of "*one-shot*".



Gebruiken we uitsluitend een one shot met dynamische ingang, dan is de dalende achterflank van de uitgangsimpuls u_U over t_d seconde vertraagd ten opzichte van de stijgende flank van het ingangssignaal u_I.

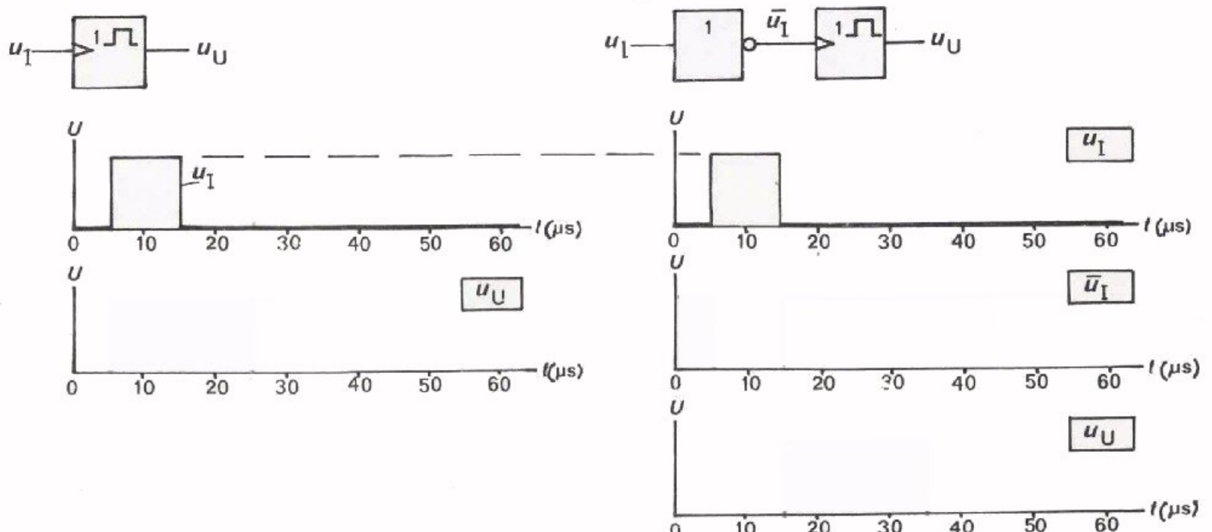
De dalende flank van het ingangssignaal heeft geen gevolgen aan de uitgang.



Moet een *dalende* flank van u_I toch gevolgen aan de uitgang hebben dan moet u_I eerst omgekeerd of geïnverteerd worden.

OEFENING

Teken hoe u_U verloopt als u_I een positieve impuls van 10 µs is, terwijl t_d = 20 µs.



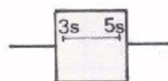
HET VERTRAGINGSELEMENT

Wil men nog grotere vertragingen verkrijgen dan met een one-shot mogelijk is, dan kan men gebruik maken van een *vertragingselement*.
Ten opzichte van one-shots hebben vertragingselementen het nadeel dat ze gevoeliger zijn voor storingen.

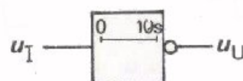
Er zijn vertragingselementen die van een ingangsimpuls:

- óf alleen de voorflank vertragen
- óf alleen de achterflank vertragen
- óf voor- zowel als achterflank vertragen
- behalve een vertraging ook een omkering geven.

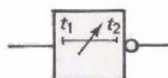
Hieronder zijn een drietal voorbeelden gegeven van symbolen die voor vertragingselementen worden gebruikt.



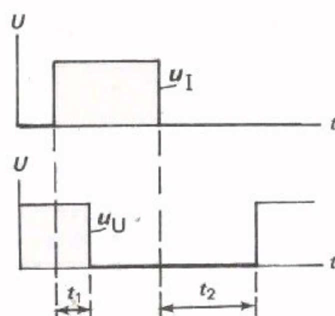
Niet-omkerende vertragingselement.
De voorflank wordt 3 s. en de achterflank 5 s. vertraagd.



Wel-omkerende vertragingselement.
De voorflank wordt *niet* vertraagd en de achterflank wordt 10 s. vertraagd.



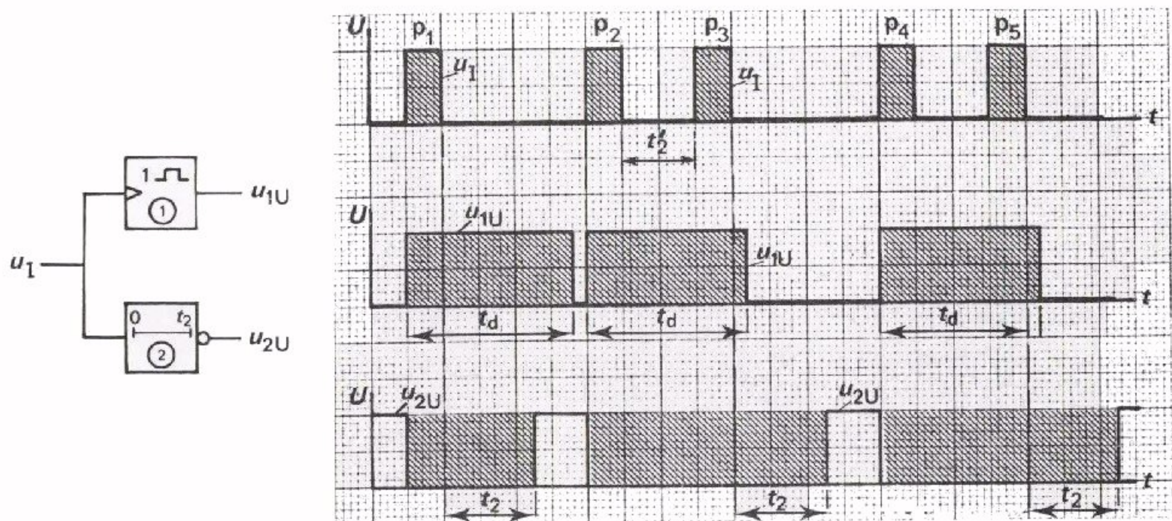
Wel-omkerende vertragingselement.
De voorflankvertraging t_1 en de achterflankvertraging t_2 zijn beide variabel.



In grafieken is weergegeven wat met t_1 en t_2 wordt bedoeld. In het voorbeeld wordt de u_I omgekeerd zodat een positieve spanningsverandering van u_I een negatieve spanningsverandering van u_U tot gevolg heeft.

VERGELIJKING VAN VERTRAGINGSELEMENT MET ONE-SHOT

Vertragingselementen hebben vaak een speciale eigenschap die one-shots niet hebben, namelijk het zogenaamde *oppomp-effect*. Wat dit is, kunnen we het beste uitleggen door in grafieken te laten zien hoe een one-shot en hoe een vertragingselement op een impulsreeks reageert.



Bij de one-shot veroorzaakt de ingangsimpuls p1 een uitgangsimpuls die t_d seconde duurt. De volgende impuls p2 veroorzaakt wéér een uitgangsimpuls die t_d seconde duurt. De one-shot reageert echter helemaal niet op de tijdens t_d ook nog optredende impuls p3. Pas als de tweede uitgangsimpuls is afgelopen kan de one-shot opnieuw op een ingangsimpuls reageren. Bij ingangsimpuls p4 reageert de one-shot weer, terwijl op de impuls p5 niet gereageerd wordt.

Bij het vertragingselement veroorzaakt de ingangsimpuls p1 een uitgangsimpuls die t_2 seconde langer duurt aan de achterflank van de ingangsimpuls. De uitgangsimpuls is tevens omgekeerd. De volgende ingangsimpuls p2 veroorzaakt opnieuw een imgangsimpuls. Doordat er een nieuwe impuls p3 vroegtijdig wordt toegevoerd ($t_2 < t_d$), wordt het beëindigen van de tweede negatieve uitgangsimpuls verlegd tot t_2 seconde na het einde van p3 ! Vroegtijdige impulsen veroorzaken bij dit vertragingselement dus een extra verlenging van de uitgangsimpuls. Dit is nu het eerdergenoemde "oppomp-effect". De breedte van de uitgangsimpuls wordt als het ware door de "vroegtijdige ingangsimpuls" opgepompt.

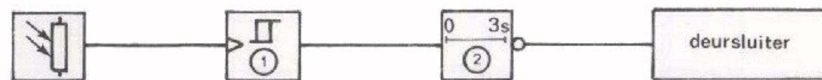
TOEPASSING VAN VERTRAGINGEN IN DE PRAKTIJK

We bespreken enkele voorbeelden van praktische schakelingen waarbij gebruik gemaakt wordt van een expres aangebrachte vertraging.

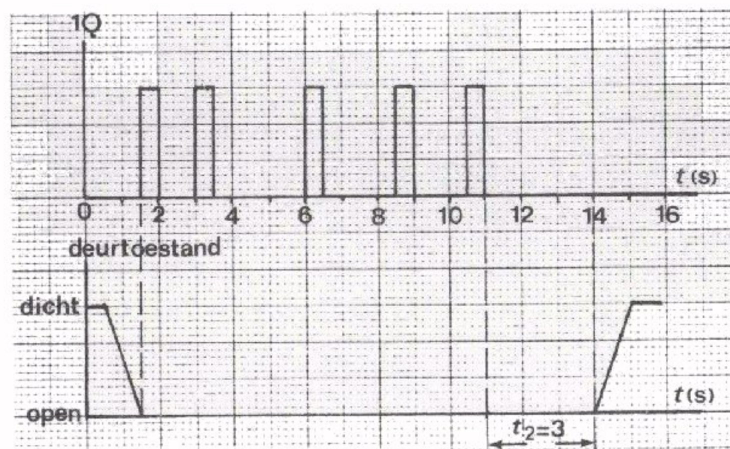
VOORBEELD I

De deur van een lift mag niet direct sluiten nadat een passagier is ingestapt. De liftdeur mag pas gesloten worden enige tijd nadat de laatste passagier is ingestapt, bijvoorbeeld 3 s later. Hiervoor kan een vertragingselement gebruikt worden.

Hieronder is een eenvoudig principe-blokschema getekend van de schakeling om de liftdeur te sluiten.



Grafisch is weergegeven of de liftdeur open of dicht is. Door op een knop te drukken wordt de liftdeur geopend. Vlak daarna stapt de eerste passagier de lift binnen.

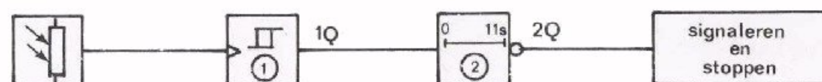


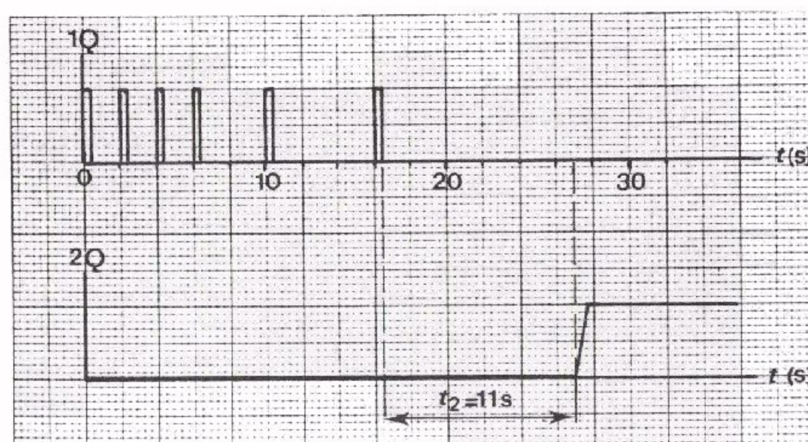
We veronderstellen dat de passagiers tijdens het instappen een fotocel passeren. Deze geeft een impulsspanning af, die door een pulse-shaper (Schmitt-trigger) ① in een blok 1Q wordt omgezet.

In de grafiek zijn vijf impulsen weergegeven die door vijf instappende passagiers veroorzaakt zijn. Deze impulsen worden aan een vertragingselement ② toegevoerd. Na het instappen van de laatste passagier duurt het nog t_2 = 3 seconden voordat het vertragingselement een spanning afgeeft die de deursluiter in werking stelt.

VOORBEELD II

Een machine voert regelmatig flessen aan die automatisch met een vloeistof gevuld moeten worden. Als er af en toe enkele flessen niet worden toegevoerd is dat geen bezwaar. Zodra er echter achtereenvolgens vijf flessen niet worden aangevoerd is er iets mis. De machine moet dan stoppen en een signalering moet in werking komen. Met behulp van een vertragingselement is dit te verwezenlijken.



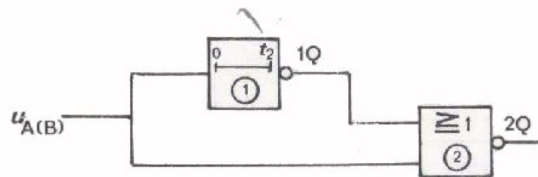


We veronderstellen dat telkens na twee seconden een fles moet worden aangevoerd. Elke fles passeert een fotocel die daarvoor een impuls afgeeft aan de Schmitt-trigger ①.

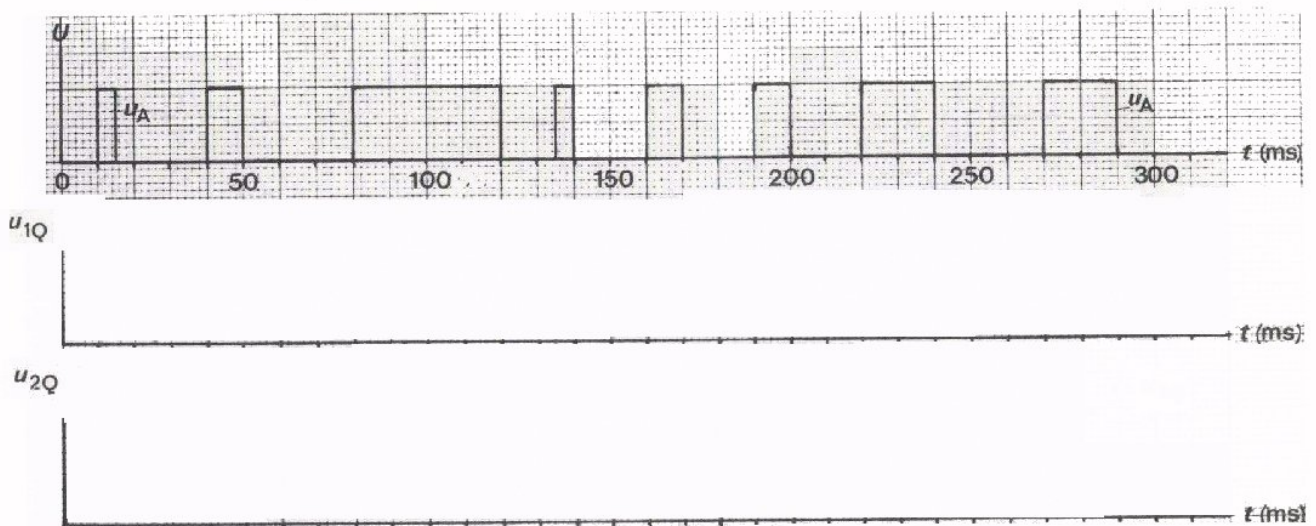
Deze geeft zijn impulsen door aan een vertragingselement ② . Is er vijf maal geen fles aangevoerd, dan zijn er 5 x 2 = 10 seconden verstreken. De vertragingstijd t_2 van het vertragingselement wordt ingesteld op 11 seconden. Dit element geeft dan na 11 seconden een signaal 2Q, dat toegevoerd wordt aan een schakeling die zorgt voor de signalering en voor het stoppen van de machine.

OEFENING

Hieronder is een schakeling gegeven met een vertragingselement.
De vertragingstijd is 10 ms.



Teken hieronder de grafieken van u_{1Q} en u_{2Q} voor het gegeven ingangssignaal u_A.

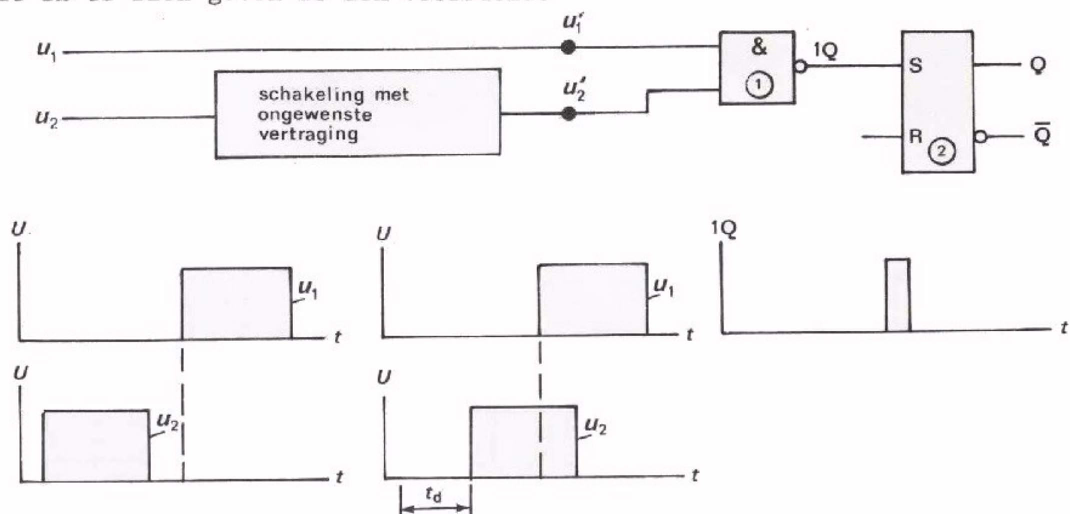


Uitgangsspanning u_{2Q} wordt hoog op de **voor/achter** flank van u_A.

u_{2Q} bevat impulsen van **gelijke/ongelijke** impulsduur.

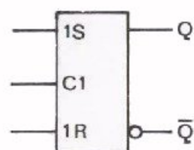
GEVOLGEN VAN ONGEWENSTE VERTRAGINGEN

Vooral in grote digitale schakelingen treden niet te vermijden grote vertragingen op. Deze vertragingen kunnen hinderlijke stroomimpulsen veroorzaken, die de goede werking van het systeem in de war sturen. In het bijzonder als de stroomimpulsen bij een flip-flop (geheugen) terecht komen die op het geringste signaal nog kunnen reageren raakt alles in de war. Om dit in te zien geven we een voorbeeld.



Stel dat in een systeem de flip-flop ② geset moet worden als de signalen u_1 en u_2 tegelijkertijd 1 zijn. Daarbij wordt u_1 direct aan AND-poort ① toegevoerd en u_2 via een schakeling die een ongewenste vertraging heeft. De getekende u_1- en u_2-impulsen treden niet gelijktijdig op, zodat poort ① geen "1"-signaal mag afgeven waardoor ② geset zou worden. Door de ongewenste vertraging krijgt ① echter gedurende korte tijd toch twee enen aangeboden, zodat 1Q = 1 toch even optreedt en ② ten onrechte wordt geset.

Om de ongewenste gevolgen van vertragingen zoals zojuist beschreven te voorkomen, past men zogenaamde *klokimpulsen* toe. Klokimpulsen zijn impulsen die "met de regelmaat van de klok" aan de schakeling worden toegevoerd. Ze dienen om de schakeling "vrij te geven". Dat wil zeggen: een schakeling verricht zijn functie alleen als de klokimpuls aanwezig is.

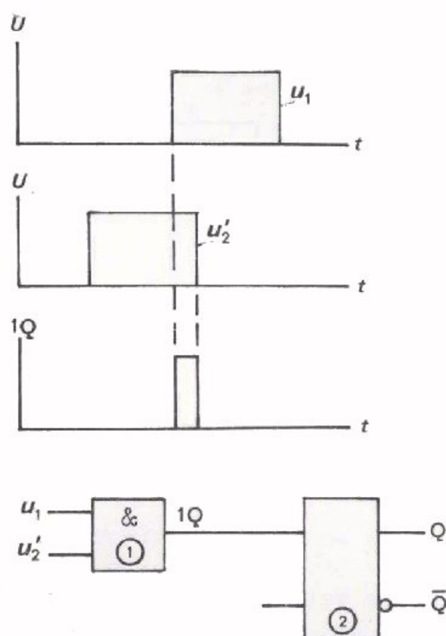


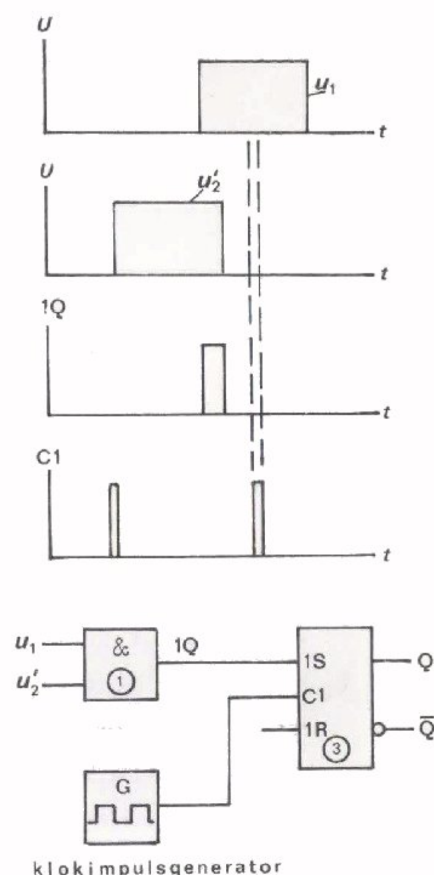
Zo heeft men bijvoorbeeld flip-flops met een extra "commando-ingang" C1 waaraan de klokimpuls wordt toegevoerd. De flip-flop kan dan alleen maar op ingangssignalen reageren tijdens het optreden van de klokimpuls.

S en R bij dat symbool wordt voorafgegaan door een 1, hetgeen aangeeft dat een signaal op S of R pas gevolgen heeft als C1 = 1.

SR FLIP-FLOP MET KLOKIMPULS INGANG

In de schakeling van het voorgaand blad, die hier nog eens getekend is, treedt een ongewenste impuls op indien signaal u_2' een ongewenste vertraging krijgt. Hierdoor wordt de flip-flop geset, hetgeen hier niet gewenst is. Dit kan vermeden worden door een extra ingang op de SR flip-flop aan te brengen.

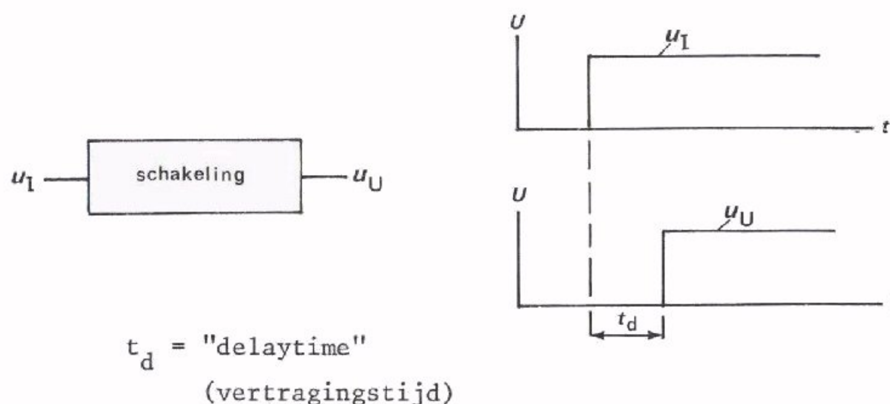




Door toevoeren van een klokimpulssignaal C1, kan de SR flip-flop ③ alléén maar in werking treden indien een klokimpuls aanwezig is. Dit kan hier alléén tijdens het middengedeelte van de u_1-impuls. De door de vertraging van u_2 veroorzaakte impuls op 1Q kan flip flop ③ nu niet meer setten.

SAMENVATTING

- Deze les behandelde over het verschijnsel *vertraging*. Hieronder verstaat men dat een *gevolg* later komt dan de *oorzaak*.

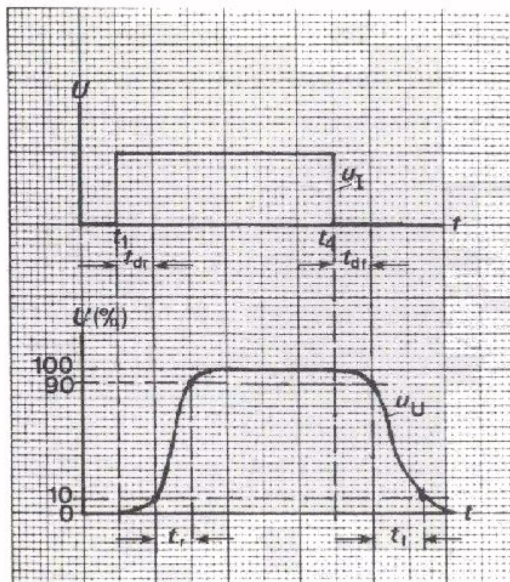


t_d = "delaytime"
(vertragingstijd)

Hier is u_I de "oorzaak" en u_U "het gevolg" daarvan. We zien dat de oorzaak, het veranderen van u_I, pas enige tijd later het veranderen van u_U tot gevolg heeft. Dit tijdsverschil noemen we de *vertragingstijd* t_d.

- Elke schakeling heeft onvermijdelijk enige vertraging van de te verwerken signalen tot gevolg. Een signaal heeft altijd "enige tijd" nodig om een schakeling te doorlopen. Hoofdoorzaken van deze vertraging zijn:
  - Condensators en parasitaire capaciteiten (het vergt tijd om een condensator te laden of te ontladen).
  - Spoelen en zelfinductie van geleiders (het kost tijd om stroom in een geleider met zelfinductie te laten ontstaan).
  - Dioden en transistors.

- Bij het doorlopen van een schakeling wordt een impuls enigszins vervormd en vertraagd. Hierdoor onderscheidt men volgende begrippen:



d = delay = vertraging

r = rise = stijgen

f = fall = afvallen

t_{dr} = stijg - vertragingstijd

Dit is de tijd die verloopt tussen de "oorzaak" (starten van de impuls) en het "gevolg" (de waarde van het uitgangs-signaal dat 10% is van het totaal).

t_r = stijgtijd.

De tijd die benodigd is om het signaal vanaf 10% toe te laten nemen tot 90%.

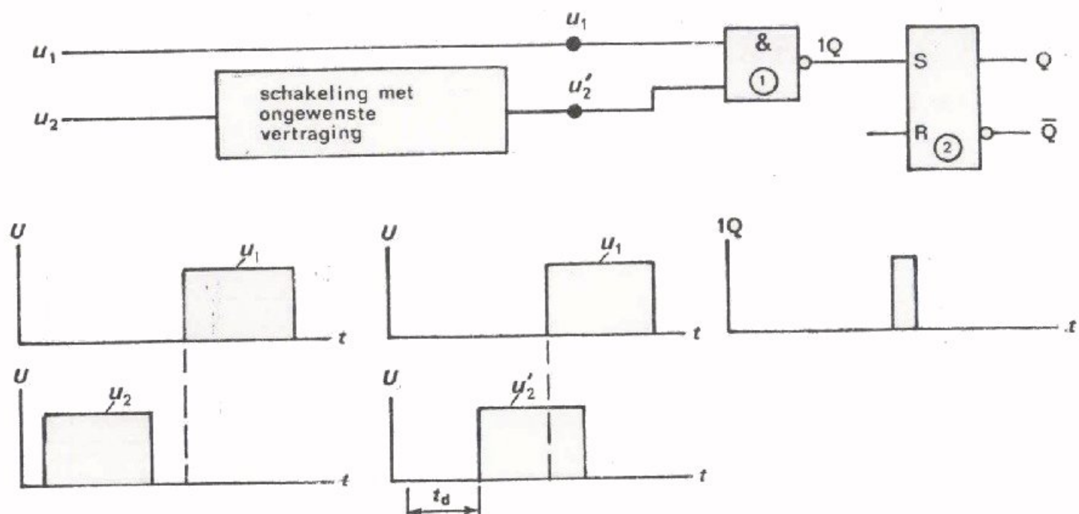
t_{df} = afval - vertragingstijd.

Dit is de tijd die verloopt tussen de "oorzaak" (plotseling afnemen van de impuls) en het "gevolg" (de waarde van het uitgangssignaal dat 90% is van het totaal).

t_f = afvaltijd.

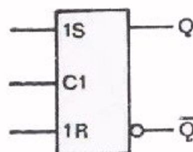
De tijd die benodigd is om het signaal vanaf 90% tot 10% te laten dalen.

- In digitale systemen zijn vertragingen vaak *ongewenst*.
  Zij kunnen namelijk impulsen veroorzaken waar deze niet behoren te ontstaan.



Genoemde stroomimpulsen die door vertraging ontstaan zijn kunnen vooral aan de ingang van geheugenschakelingen (zoals flip-flops) ongewenste gevolgen hebben.

- De ongewenste gevolgen van stroomimpulsen die door vertraging ontstaan zijn, kunnen vermeden worden door *klokimpulsen* toe te passen.

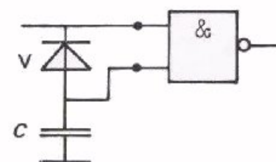


Er zijn b.v. SR flip-flops die alléén op een ingangssignaal reageren als tegelijkertijd op de commando-ingang C1 een klokimpuls aanwezig is.

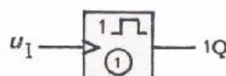
Bij het toepassen van klokimpulsen behoeft men er slechts voor te zorgen dat de stroomimpulsen niet tijdens de klokimpulsen kunnen optreden.

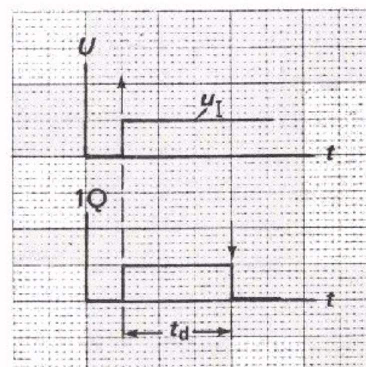
- In digitale schakelingen maakt men in sommige gevallen juist gebruik van vertragingen. Er is dan sprake van *gewenste* vertragingen. Deze zijn onder andere te verkrijgen:
  - Door het aanbrengen van een vertragings-*C* met diode.
  - Door het toepassen van een *one-shot* als vertragende schakeling, indien de de gewenste vertraging niet al te groot is.
  - Door het toepassen van een *vertragingselement* als vertragende schakeling in geval van grote vertraging.

- Hiernaast een voorbeeld om met behulp van een diode en een *C* een extra vertraging van de stijgende impulsflanken te verkrijgen in geval van DTL- of TTL-NAND's. Het kost extra tijd om de spanning over de *C* te laten stijgen.

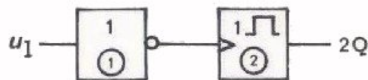


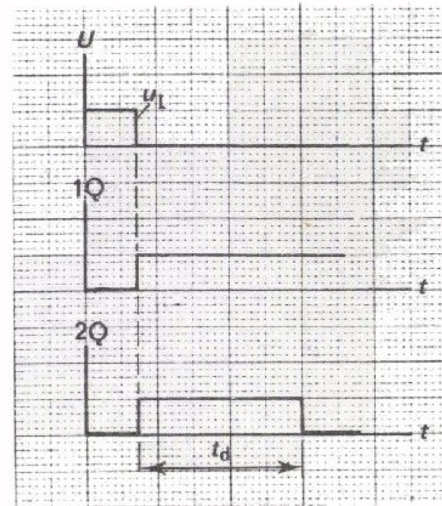
- Bij een one-shot in de *dalende* achterflank van de uitgangsimpuls t_d-seconde vertraagd ten opzichte van zijn oorzaak, de *stijgende* u_I-flank.



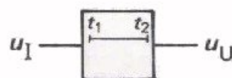


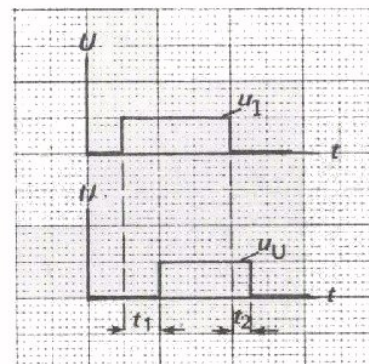
- Om van een dalende u_I-flank een vertraging te verkrijgen moet eerst u_I geïnverteerd worden. De dalende uitgangsimpuls is dan t_d-seconde vertraagd ten opzichte van de dalende ingangsimpuls.



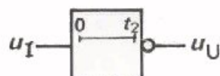


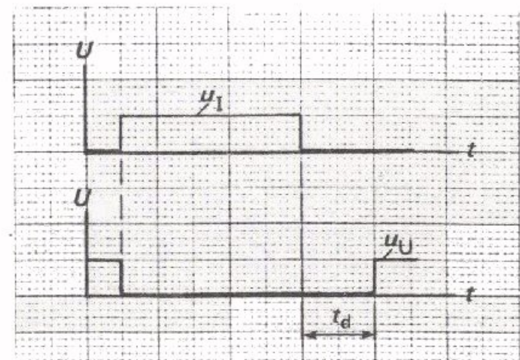
- Het symbool voor een *niet* omkerend vertragingselement. De voorflank wordt t_1 seconde vertraagd, de achterflank t_2 seconde.



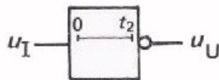


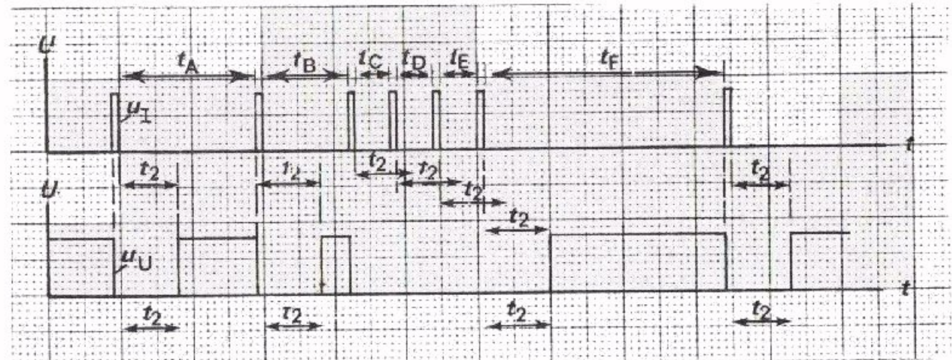
- Het symbool voor een *wel* omkerend vertragingselement. Bij dit vertragingselement wordt de voorflank niet vertraagd.





- Vertragingselementen zijn vaak *oppompbaar*, one-shots nooit.
  Wat dit inhoudt, blijkt uit onderstaande grafieken.





De vertraging start telkens opnieuw als een negatieve impulsflank wordt aangeboden. Dit geldt ook als de vertragingstijd t_2 nog niet beëindigd is, dus in de gevallen t_C, t_D en t_E die elk kleiner zijn dan t_2.

- Twee praktische toepassingen van vertragingselementen zijn besproken:

  I Het sluiten van een liftdeur enige tijd nadat de laatste passagier is ingestapt.

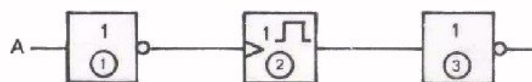
  II Het stoppen van een automatische installatie voor het vullen van flessen pas nadat een gegeven aantal malen een lege fles ontbrak.

NAAM: KLAS:

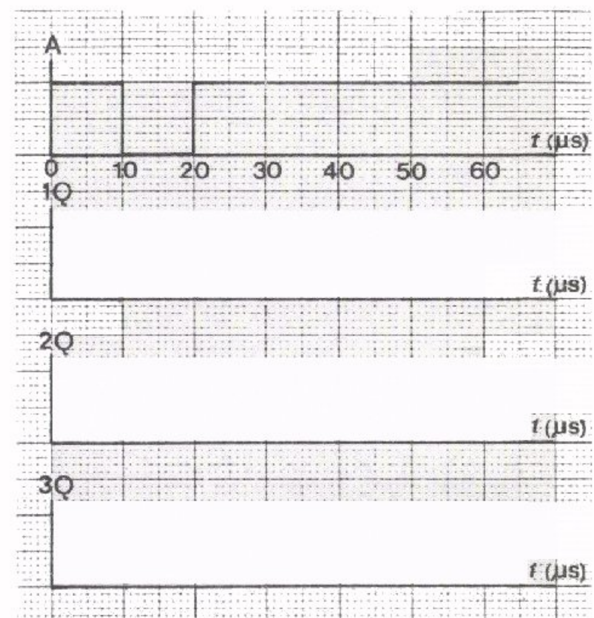
OEFENINGEN

Teken bij onderstaande schakelingen hoe de diverse signalen zullen verlopen.

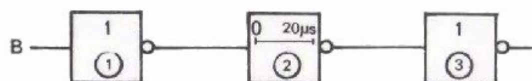
1.

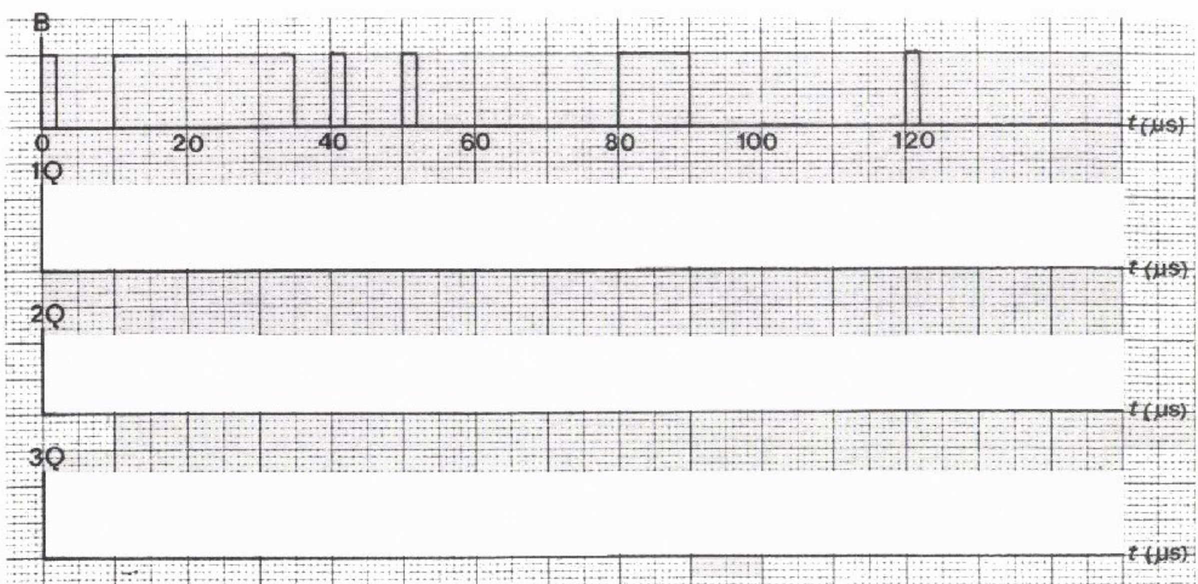


Voor de one-shot geldt t_d = 30 µs.



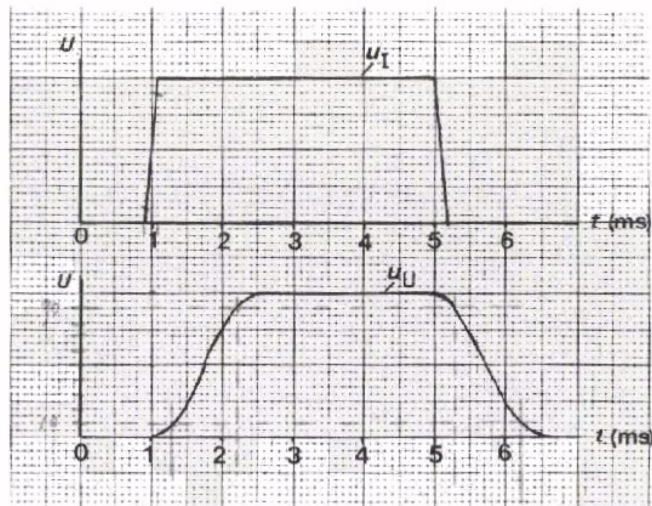
2.





3. De ingangsimpuls en de uitgangsimpuls van een schakeling met vertraging is gegeven.





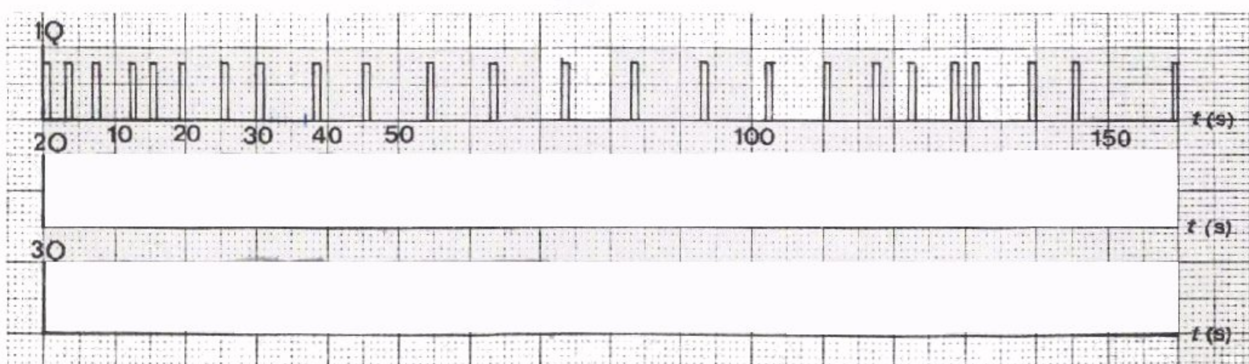
Bepaal:

- De stijgtijd van u_I t_r =

- De stijgtijd van u_U t_r =

4. Een alarminrichting reageert als gedurende een bepaalde tijd geen impulsen worden toegevoerd. De one-shot maakt van de aangeboden impulsen, impulsen met een lengte van 3 s.





Bepaal op welk moment het alarm gaat werken, omdat het aantal aangeboden impulsen te weinig is.

t =

Teken de toestanden van 2Q en 3Q.

D 18

T A L S T E L S E L S I

INLEIDING

Toepassingen van de digitale techniek vinden we o.a. in rekenmachines, ook wel aangeduid als *computers* (spreek uit: kompjoeturs). Rekenmachines moeten *getallen* verwerken.

Getallen kunnen op verschillende manieren weergegeven worden. In het dagelijks leven maken we voor het weergeven van getallen gebruik van het zogenaamde "*tien*-tallig stelsel" of "*decimale*-talstelsel". In dat stelsel worden de getallen geschreven met behulp van *tien* verschillende cijfersymbolen (cijfers), namelijk:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, en 9.

In computers wordt voor het weergeven van getallen een ander talstelsel gebruikt, het zogenaamde "*twee*-tallig stelsel" of "*binaire*-talstelsel". In dit talstelsen worden de getallen geschreven met behulp van slechts *twee* verschillende cijfersymbolen (cijfers), namelijk:

0 en 1.

In deze les maken we kennis met het *binaire talstelsel*.
We zullen zien hoe decimale getallen omgezet kunnen worden in binaire getallen en omgekeerd. Ook voeren we rekenkundige bewerkingen uit met binair geschreven getallen zoals optellen en aftrekken.

We zijn gewend te rekenen in het decimale talstelsel. Daarom leggen we telkens éérst een bewerking met decimaal geschreven getallen uit, en pas daarna dezelfde bewerking met binair geschreven getallen.

HET DECIMALE TALSTELSEL

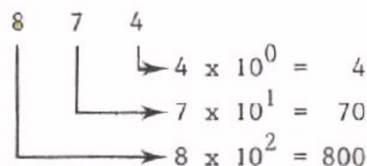
De benaming "decimaal talstelsel" of "tientallig stelsel" geeft aan dat we in dit talstelsel voor het schrijven van getallen, gebruik maken van *tien* verschillende cijfersymbolen of cijfers:

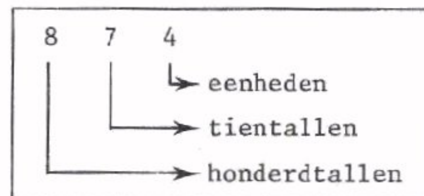
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9.

We weten allemaal hoe we getallen kunnen schrijven met behulp van deze tien cijfersymbolen, bijvoorbeeld het getal 874. We zijn ons daarbij niet altijd bewust, wat er precies aan de hand is. De betekenis van het getal 874 is:

$874 = 800 + 70 + 4$
$= 8x100 + 7x10 + 4x1 = 8x10^2 + 7x10^1 + 4x10^0$

of kortweg





Om tot de waarde van het getal te komen, moeten we:

- het eerste cijfer van rechts met $10^0 = 1$ vermenigvuldigen
- het tweede cijfer van rechts met $10^1 = 10$,
- het derde cijfer van rechts met $10^2 = 100$, enz.

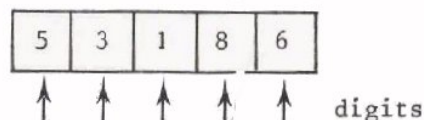
De factor waarmee een cijfer van een getal vermenigvuldigd moet worden om tot de waarde van dat cijfer te komen, noemt men het *gewicht* van dat cijfer. In het tientallig stelsel zijn de gewichten van de cijfers, van rechts naar links, machten van tien:

10^0, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4, enz.

In een decimaal geschreven getal geven de cijfers, van rechts naar links achtereenvolgens:

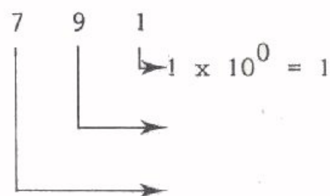
de eenheden, de tientallen, de honderdtallen, de duizendtallen, enz.

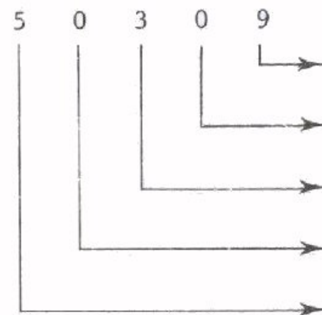
De plaats of positie die een cijfer inneemt in een decimaal getal, noemen we een *digit* (spreek uit: didzjit). Elke digit bevat één cijfersymbool uit de reeks 0 tot en met 9. Het getal 53186 bestaat uit vijf digits.



OEFENING

Geef op dezelfde manier als is gedaan voor het getal 874, de betekenis van onderstaande decimale getallen.





Dit getal bestaat uit [ ] digits   Dit getal bestaat uit [ ] digits

HET BINAIRE TALSTELSEL

De benaming "binair talstelsel" of "tweetallig talstelsel" geeft aan dat we in dit talstelsel voor het schrijven van getallen, gebruik maken van slechts *twee* verschillende cijfersymbolen, namelijk: 0 en 1.

Bij het schrijven van getallen in het binaire stelsel gaan we hetzelfde te werk als bij het schrijven van getallen in het decimale stelsel. We nemen: eerst elk cijfer alleen (0 en 1), daarna combinaties van de twee cijfers (10 en 11), vervolgens combinaties van drie van deze cijfers (100, 101, 110 en 111), enz. enz.

Naast elkaar geven we een aantal binair geschreven getallen met de daarmee overeenkomende decimale schrijfwijze.

binair	decimaal
0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7

binair	decimaal
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15
10000	16

Net als een decimaal getal heeft elk cijfer van een binair geschreven getal een bepaald *gewicht*.

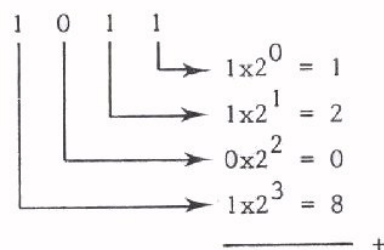
In het binaire talstelsel zijn de gewichten van de cijfers, van rechts naar links machten van 2:

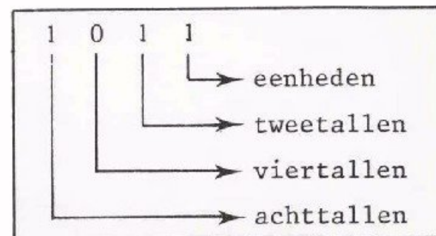
2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4,enz.

In een binair geschreven getal geven de cijfers, van rechts naar links achtereenvolgens:

eenheden, tweetallen, viertallen, achttallen, zestientallen, enz.

We nemen als voorbeeld het binaire getal 1011, dat overeenkomt met het decimale getal 11 (zie tabel).

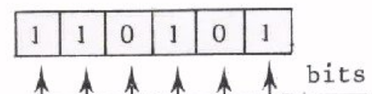




totale decimale waarde: 11

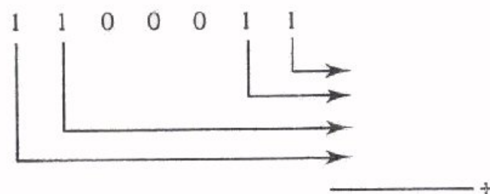
De plaats of positie die een cijfer inneemt in een binair getal, noemen we een *bit*. Het is een afkorting van BInaire digiT. Elk bit van een binair getal bevat één cijfersymbool, 0 of 1.

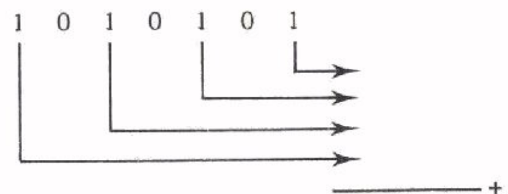
Het binaire getal 110101 bestaat uit zes bits



OEFENING

Bepaal de **decimale** waarde van de binair geschreven getallen.





DE WAARHEIDSTABEL

We hebben al dikwijls met waarheidstabellen gewerkt. Evenals in het binaire talstelsel, komen daarin slechts *twee* verschillende cijfers voor: 0 en 1. In de waarheidstabel hebben we steeds systematisch alle mogelijke combinaties van 0 en 1 ingevuld. Voor vier ingangen kregen we 16 combinaties.

	A	B	C	D
0 →	0	0	0	0
1 →	0	0	0	1
2 →	0	0	1	0
3 →	0	0	1	1
4 →	0	1	0	0
5 →	0	1	0	1
6 →	0	1	1	0
7 →	0	1	1	1
8 →	1	0	0	0
9 →	1	0	0	1
10 →	1	0	1	0
11 →	1	0	1	1
12 →	1	1	0	0
13 →	1	1	0	1
14 →	1	1	1	0
15 →	1	1	1	1

Als we de waarheidstabel goed bekijken, zien we dat we steeds zó hebben ingevuld dat van boven naar onder achtereenvolgens de binair geschreven getallen 0, 1, 2, 3, 4, 5, tot en met 15 ontstaan.

Met n ingangen kunnen 2^n combinaties gemaakt worden.

> In het binaire talstelsel kunnen met n bits, 2^n verschillende getallen geschreven worden, het getal 0 inbegrepen.

OEFENINGEN

1. Het aantal binaire getallen dat met 10 bits geschreven kan worden is: [ ]

   het hoogste getal is dan, binair geschreven: [ ]

   Dit getal komt overeen met het decimale getal: [ ]

2. Om het decimale getal 10 000 binair te kunnen schrijven, heeft men [ ] bits nodig.

TALSTELSEL AANDUIDING

Om te kunnen zien tot welk talstelsel een getal behoort, heeft men een verkorte schrijfwijze ingevoerd. Men schrijft als volgt:

het decimale getal 251 ⟶ 251/10

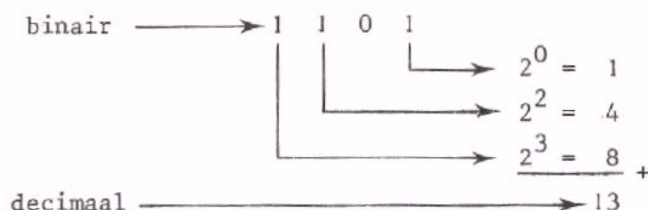
het binaire getal 1011 ⟶ 1011/2

OEFENINGEN

12/10 = [/2] 10101/2 = [/10]

HET OMZETTEN VAN EEN DECIMAAL GETAL IN EEN BINAIR GETAL

Op blad 4 hebben we gezien hoe een binair getal omgezet wordt in een decimaal getal.



We bespreken twee manieren waarop een decimaal getal omgezet kan worden in een binair getal.

Als we een getal decimaal opschrijven, schrijven we in feite de SOM van een aantal machten van 10:

$$359 = 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 9 \times 10^0$$

Als we een getal binair opschrijven, schrijven we in feite de SOM van een aantal machten van 2:

$$1011001 = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 = 2^6 + 2^4 + 2^3 + 2^0$$

Willen we een decimaal getal binair schrijven, dan moeten we dus nagaan uit welke machten van 2 het getal is samengesteld. We geven een voorbeeld.

VOORBEELD I

We zetten het decimale getal 157 om in een binair getal. Als hulpmiddel gebruiken we een reeks machten van 2. We maken die reeks zó lang, dat de hoogste macht van 2 groter is dan het om te zetten decimale getal.

2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8
1	2	4	8	16	32	64	128	256

Van het gegeven decimale getal trekken we de grootst mogelijke macht van 2 af: $2^8 = 256$ is te groot dus nemen we $2^7 = 128$. Van het resterende bedrag (29) trekken we dan de grootst mogelijke macht van 2 af; $2^6 = 64$ en $2^5 = 32$ zijn te groot, dus nemen we $2^4 = 16$. Zo gaan we door tot er niets meer overblijft. We hebben dan het decimale getal 157 omgezet in een SOM van machten van 2.

157	
128 –	$= 2^7$
29	
16 –	$= 2^4$
13	
8 –	$= 2^3$
5	
4 –	$= 2^2$
1	
1 –	$= 2^0$
0	

Dus:

$157/10 = 2^7 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^0$

$= 10011101/2$

OEFENING

Bepaal zelf :

600/10 = [/2]

10 000/10 = [/2]

VOORBEELD II

Bij de laatste oefening hebt U gemerkt dat het omzetten van grote decimale getallen op die manier veel tijd vergt. We moeten namelijk eerst een reeks machten van 2 opschrijven. Hebt U eenmaal zo'n machtenreeks bij de hand, dan is het een erg snelle methode. Hebt U géén machtenreeks ter beschikking dan is de nu volgende methode eenvoudiger, als u daarbij de verkorte schrijfwijze toepast. We geven hier alleen de methode, zonder die te verklaren.

115/10 = ? /2

We delen het decimale getal door 2 en schrijven de "uitkomst" en de "rest" op. Deze "rest" kan alleen maar 0 of 1 zijn. De "uitkomst" delen we weer door 2 en we schrijven de "nieuwe uitkomst" en de "nieuwe rest" op. Zo gaan we door totdat de uitkomst van de deling 0 is.

2/115/57, rest 1
2/57/28, rest 1
2/28/14, rest 0
2/14/7, rest 0
2/7/3,rest 1
2/3/1, rest 1
let op ! ——→ 2/1/0, rest 1

korte schrijfwijze

gedeeld door 2 →

uitkomst	rest
115	1
57	1
28	0
14	0
7	1
3	1
1	1
0	

Het binaire getal bestaat van rechts naar links, uit de "resten".
De bovenste "rest" is het meest rechtse bit.
De onderste "rest" is het meest linkse bit.

15/10 = 111011/2

OEFENINGEN

1. Bepaal op dezelfde manier:

600/10 = [/2]

10 000/10 = [/2]

Vergelijk deze antwoorden met die van de oefening op blad 5.

2. Bepaal ook:

2047/10 = [/2]

2048/10 = [/2]

OPTELLEN

Aan de hand van voorbeelden gaan we na wat er in feite gebeurt als we *decimale* getallen optellen.

5 2 2 0 3 7	3 3 2 8	4 9 5 8
1 0 3 2 6 1	2 6 1 7	8 7 6 2
———— +	———— +	———— +
6 2 5 2 9 8	5 9 3 15	12 16 11 10
	1←	1← 1← 1← 1←
	————	————
	5 9 4 5	1 3 7 2 0

- In het eerste voorbeeld zien we dat we achtereenvolgens de eenheden, de tientallen, de honderdtallen, enz. optellen. Zolang de som van de cijfers niet groter is dan 9, is er nog niets bijzonders aan de hand.
- In het tweede voorbeeld is de som van twee cijfers één keer groter dan 9. Het tiental dat de som van die cijfers oplevert wordt naar de volgende digit overgeheveld. We zeggen: 8 + 7 = vijf en "een onthouden".
- Het derde voorbeeld is wat ingewikkelder. Daarin moeten een tiental, een honderdtal, een duizendtal en een tienduizendtal overgeheveld worden naar de volgende digit.

OPMERKING

Het optellen van meer dan twee getallen bespreken we niet. Als men in tellen rekenmachines namelijk meer dan twee getallen moet optellen, doet men dan niet ineens. Eerst wordt het tweede bij het eerste getal opgeteld, dan het derde bij de verkregen som, dan het vierde bij de som van de eerste drie, enz.

Het optellen van *binaire* getallen gaat op dezelfde manier. Dit bekijken we op het volgend blad aan de hand van de voorbeelden.

Bij het optellen van twee binaire cijfers komen slechts vier mogelijkheden voor.

Binair	0 + 0 = 0	1 + 0 = 1	0 + 1 = 1	1 + 1 = 10

(in 10: de 1 = tweetal, de 0 = eenheid)

Voorbeelden

```
1 0 0 1 0 0 1            1 0 1 0 0 1 0              1 1 1 1
  1 0 0 0 1 0 +        1 0 0 1 0 0 1 1 +          1 1 1 1 0 +
-------------        -----------------          -----------
1 1 0 1 0 1 1        1 1 0 10 0 0 10 1          1 10 10 10 1
                           1←     1←            1← 1← 1← 1
                     ----------------- +        ----------- +
                     1 1 1 0 0 1 0 1            10 1 1 0 1
                                               1←
                                               ------------- +
                                               1 0 1 1 0 1
```

- In het eerste voorbeeld zien we dat achtereenvolgens de eenheden, de tweetallen, de viertallen, de achttallen, worden opgeteld. Zolang de som van twee cijfers niet groter is dan 1, is er niets bijzonders aan de hand.
- In het tweede voorbeeld is in twee gevallen de som van twee cijfers groter dan 1. Een viertal wordt van het tweede naar het derde bit overgeheveld en een vierenzestigtal van het vijfde naar het zesde bit. In beide gevallen moet men als het ware "een onthouden".
- Het derde voorbeeld is nog iets ingewikkelder. Daar komt het vier keer voor dat we "een onthouden".
- De "een" die "onthouden" wordt, noemt men in de digitale techniek een "*carry*" (spreek uit: kerrie). Dit is het engelse woorden voor "dragen". De 1 wordt overge*dragen* naar het volgende bit.

OEFENING

Maak de volgende optellingen. Kontroleer telkens de binaire uitkomsten door de getallen ook in decimale vorm op te tellen.

```
1 0 1 1 0 1     =                      1 1 1 1    =
1 1 1 1 1 1     =                    1 1 1 1 0    =
----------- +     ------- +          --------- +    ------- +
         /2 =            /10                /2 =           /10

1 1 1 1 1 1     =                    1 1 1 1 1    =
          1     =                    1 1 1 1 1    =
----------- +     ------- +          --------- +    ------- +
         /2 =            /10                /2 =           /10
```

AFTREKKEN

We beginnen weer met enkele voorbeelden van het aftrekken van *decimale* getallen.

9 5 7 3	5 3	= 4 13	9 5 3	= 8 14 13
2 5 3 1 -	1 6 -	= 1 6 -	8 8 -	= 8 8 -
7 0 4 2	gaat niet direct	3 7	gaat niet direct	8 6 5

- In het eerste voorbeeld zien we dat achtereenvolgens de eenheden, de tientallen, de honderdtallen, enz. van elkaar aftrekken. Zolang we een cijfer van een even groot of groter cijfer moeten aftrekken, is er niets bijzonders aan de hand.

- In het tweede voorbeeld moeten we 6 van 3 aftrekken. Dit kan niet. Daarom "lenen" we een van de vijf aanwezige tientallen: 53 = 5 x 10 + 3 x 1

  = 4 x 10 + 13 x 1

  We trekken nu 6 van de 13 af.

- In het laatste voorbeeld is het nog iets ingewikkelder. Eerst moeten voor de drie eenheden een van de 5 tientallen "geleend" worden . Daarna moet voor de overblijvende 4 tientallen een van de 9 honderdtallen "geleend" worden:

  953 = 9 x 100 + 5 x 10 + 3 x 1

  = 9 x 100 + 4 x 10 + 13 x 1

  = 8 x 100 + 14 x 10 + 13 x 1

  Pas daarna is alles aftrekbaar.

  Op volgend blad kunt U zien dat het aftrekken van *binaire* getallen op dezelfde manier gebeurt.

Bij het aftrekken van binaire getallen komen drie mogelijkheden voor.

Binair			
	1	1	10 ← een tweetal + nul eenheden
	0 −	1 −	1 −
	1	0	1

Voorbeelden:

1 1 1 1 1 1	1 1 0 1	=	1 0 10 1
1 0 1 0 1 −	1 0 −	=	1 0 −
1 0 1 0 1 0	gaat niet direct		1 0 1 1

1 0 0 0	=	0 10 0 0	=	0 1 10 0	=	0 1 1 10
1 1 −	=	1 1 −		1 1 −		1 1 −
gaat niet direct		gaat nog niet		gaat nog niet		1 0 1

- In het eerste voorbeeld worden achtereenvolgens de eenheden, de tweetallen, de viertallen, de achttallen, enz. van elkaar afgetrokken.
- In het tweede voorbeeld wordt eerst het viertal geleend en overgeheveld naar het bit van de tweetallen (een viertal = twee tweetallen). Daarna kunnen de tweetallen afgetrokken worden.
- Het derde voorbeeld is nog ingewikkelder. Daar wordt eerst het achttal geleend en overgeheveld naar de viertallen (een achttal = twee viertallen). Vervolgens wordt één van die viertallen geleend en overgeheveld naar de tweetallen (een viertal = twee tweetallen). Tenslotte wordt één van die tweetallen geleend en overgeheveld naar de eenheden (een tweetal = twee eenheden).

De "een die geleend moet worden" noemt men in de digitale techniek een "*borrow*" (spreek uit: borro). Dit is het engelse woord voor "lenen"

OEFENINGEN

Maak de volgende aftrekkingen. Controleer de binaire uitkomsten door de getallen ook in decimale vorm af te trekken.

Schrijf zo nodig het getal eerst anders op, zoals in de voorbeelden.

```
 1 0 1 0   =                   1 0 1 1 1   =
   1 0 1   =                     1 1 1 0   =
 ---------- -    ------ -     ------------ -   ------ -
        /2            /10               /2          /10

 1 0 0 0 0   =                 1 1 0 0 0   =
     1 0 0   =                       1 1   =
 ---------- -    ------ -     ------------ -   ------ -
        /2            /10               /2          /10
```

SAMENVATTING

- In het dagelijks leven tellen en rekenen we in het *decimale* talstelsel of *tien*-tallig stelsel. In dit stelsel worden getallen geschreven met behulp van *tien* verschillende cijfersymbolen: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9. De plaats of positie die een cijfer in een getal inneemt noemen we een *digit*. Het getal 362906 bijvoorbeeld, bestaat uit 6 digits. Elk digit heeft een bepaald *gewicht*.
  De gewichten van de digits van een getal zijn, van rechts naar links: 10^0, 10^1, 10^2, 10^3 enz.

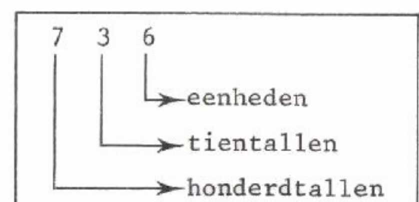
  VOORBEELD

  7 3 6 / 10 = 700 + 30 + 6

  → $6 \times 10^0 = 6$

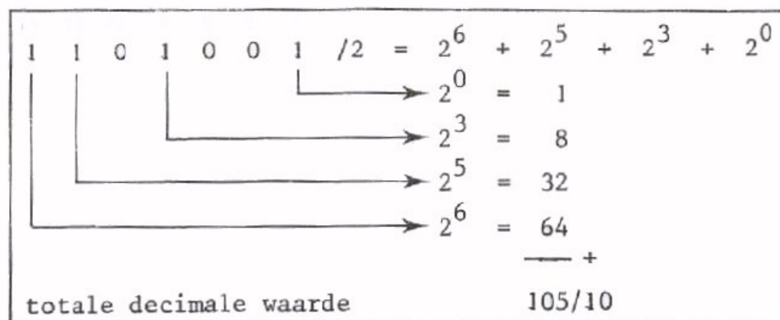
  → $3 \times 10^1 = 30$

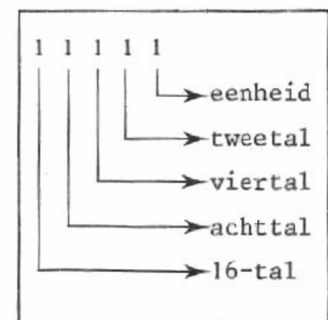
  → $7 \times 10^2 = 700$



- In tel- en rekenmachines wordt het *binaire* talstelsel of *twee*-tallig stelsel gebruikt. In dit stelsel worden getallen geschreven met behulp van slechts *twee* verschillende cijfersymbolen: 0 en 1. De plaats of positie die een cijfer in een getal inneemt noemen we een *bit*. Het binaire getal 1101001 bijvoorbeeld, bestaat uit zeven bits. Elk bit heeft een bepaald *gewicht*. De gewichten van de bits van een binair getal zijn, van rechts naar links: 2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4 enz.

Voorbeeld





- Als we een waarheidstabel systematisch invullen, verkrijgen we alle mogelijke combinaties van de ingangstoestanden. Bij n ingangen zijn er 2n combinaties mogelijk.

A	B	C	
0	0	0	← 0
0	0	1	← 1
0	1	0	← 2
0	1	1	← 3
1	0	0	← 4
1	0	1	← 5
1	1	0	← 6
1	1	1	← 7

In een systematisch ingevulde waarheidstabel ontstaan van boven naar beneden de binaire getallen die overeenkomen met de decimale getallen 0, 1, 2, 3 enz.

Met n bits kunnen we 2n getallen weergeven. In nevenstaande waarheidstabel bestaan de binaire getallen uit drie bits We kunnen daarmee $2^3 = 8$ binaire getallen weergeven, overeenkomend met de decimale getallen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7.

- Het omzetten van een decimaal getal in een binair getal kan op twee manieren uitgevoerd worden.

EERSTE MANIER

173/10 = ? /2

Schrijf als hulpmiddel de machten van 2 op.

2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8
1	2	4	8	16	32	64	128	256

Ga na uit welke machten van 2 het decimale getal is samengesteld, door steeds de grootst mogelijke macht van 2 af te trekken,

$$\begin{array}{rl} 173 & \\ \underline{128}\ - & = 2^7 \\ 45 & \\ \underline{32}\ - & = 2^5 \\ 13 & \\ \underline{8}\ - & = 2^3 \\ 5 & \\ \underline{4}\ - & = 2^2 \\ 1 & \\ \underline{1}\ - & = 2^0 \\ 0 & \end{array}$$

Dus $173/10 = 2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^0 = 10101101/2$

TWEEDE MANIER

173/10 = ? /2

Deel het decimale getal door 2 en schrijf de "uitkomst" en de "rest" op. Deel vervolgens de "uitkomst" door 2 en schrijf de "nieuwe uitkomst" en de " nieuwe rest" op, enzovoorst.

uitkomst	rest
173	1
86	0
43	1
21	1
10	0
5	1
2	0
1	1
0	

Het binaire getal is gelijk aan de "resten", waarbij de bovenste rest overeenkomt met het meest rechtse bit.

173/10 = 10101101/2

- OPTELLEN

decimaal	binair			
	0 0 + 0	0 1 + 1	1 0 + 1	1 1 + 10
8 7 9 8 5 2 + 16 12 11 1 ← 1 ← 1 ← + 1 7 3 1	1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 + 10 1 0 10 0 1 10 1 ← 1 ← 1 ← + 1 0 1 1 0 0 10 0 1 ← + 1 0 1 1 0 1 0 0 Als 1 en 1 worden opgeteld, ontstaat 10; De "1" hiervan noemt men de "*carry*". De carry moet "onthouden worden" en bijgeteld worden bij het volgende bit.			

- AFTREKKEN

decimaal	binair		
	0 0 – 0	1 0 – 1	10 1 – 1
236 = 1 12 16 87 = 8 7 – – gaat niet ineens. 1 4 9	11110 = 1 1 1 0 10 1001 – = 1 0 0 1 – gaat niet ineens 1 0 1 0 1 Om 1 van 0 af te kunnen trekken moeten we een 1 lenen van het volgende bit; de "1" die geleend wordt noemt men de "*borrow*".		

- De plaats of positie van een cijfer in een decimaal getal noemt men een *digit*.

  De plaats of positie van een cijfer in een binair getal noemt men een *bit*.

NAAM: ______________________ KLAS: ________

OEFENINGEN

1. Het omzetten van binaire getallen in decimale getallen.

1000/2 = ________ /10

11001/2 = ________ /10

100001/2 = ________ /10

1111111/2 = ________ /10

1010101010/2 = ________ /10

2. Hoeveel bits zijn nodig om de volgende decimale getallen in het binaire stelsel weer te kunnen geven ?

100 ⟶ ________ bits

127 ⟶ ________ bits

128 ⟶ ________ bits

25000 ⟶ ________ bits

3. Het omzetten van getallen uit het decimale stelsel in het binaire stelsel.

100/10 = ________ /2

111/10 = ________ /2

127/10 = ________ /2

128/10 = ________ /2

2047/10 = ________ /2

3145/10 = ________ /2

16300/10 = ________ /2

16384/10 = ________ /2

4. Het optellen van binaire getallen:

```
  10101        10101        10101
   1010 +       1011 +       1111 +

1111111       101101      1010101
1000001 +      11111 +     101011 +
```

5. Het aftrekken van binaire getallen.

```
111111        11011       110011
 10101 -        101 -      10010 -

100110       100000       100000
 11000 -      10101 -      11111 -
```

6. Geef in woorden weer wat een digit is.

7. Geef in woorden weer wat een bit is.

8. Met 5 bits kunnen [ ] getallen weergegeven worden; het hoogste getal is dan [ ] = [/10.]

9. Met 5 digits kunnen [ ] getallen weergegeven worden; het hoogste getal is dan [ ]

10. Hoeveel digits heeft men nodig om het getal 1111111111/2 decimaal te schrijven ?

[ ] digits.

D 19

T A L S T E L S E L S I I

INLEIDING

In de voorgaande les hebben we kennis gemaakt met het *twee*-tallig stelsel of *binaire* talstelsel. Bij de uitleg van dit binaire talstelsel hebben we telkens eerst gekeken hoe het ons vertrouwde *tien*-tallig stelsel of *decimale* talstelsel is opgebouwd en hoe we daar mee werken.

We hebben achtereenvolgens besproken:

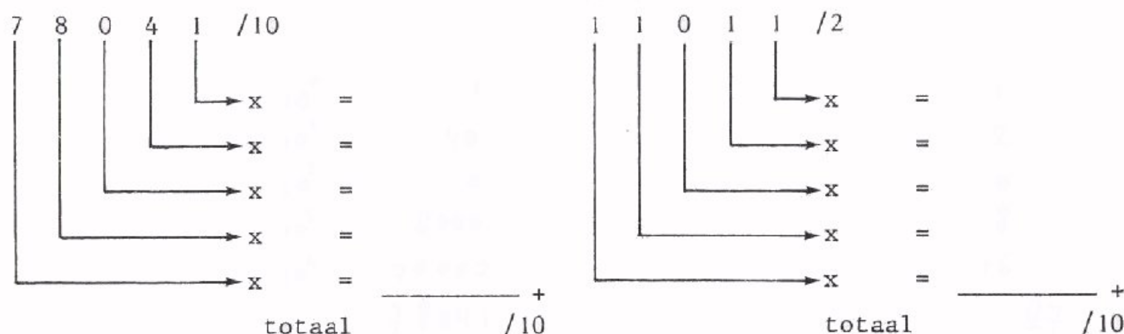
- het decimale talstelsel,
- het binaire talstelsel,
- binaire getallen in waarheidstabellen,
- het omzetten van decimale getallen in binaire getallen, op twee verschillende manieren,
- het omzetten van binaire getallen in decimale getallen,
- het optellen van binaire getallen,
- het aftrekken van binaire getallen.

Deze les begint met een aantal oefeningen over binaire getallen.
Daarna bespreken we:

- het vermenigvuldigen van binaire getallen,
- het *acht*-tallig stelsel of *octale* talstelsel,
- het *zestien*-tallig stelsel of *hexa-decimale* talstelsel,
- een code, om decimale getallen toe te kunnen voeren aan een computer en na verwerking weer uit te kunnen lezen, de zogenaamde BCD-code.

OEFENINGEN MET BINAIRE GETALLEN

1. Geef in het kort weer de betekenis van onderstaande getallen.



2. Met 8 bits kunnen [ ] getallen weergegeven worden.

3. 1 0.0 0 0 /10 = [/2]

4. 1 1 1 1 1 1 0 0 /2 = [/10]

5.

```
 101101          1001001
  11110           111110
 ------ +        ------- -
 [     ]         [      ]
```

Opmerking: Controleer bij de aftrekking of de som van de uitkomst plus de aftrekker gelijk is aan het aftrektal !

6. Verplaatsen we alle cijfers van het getal 1011101/2 *twee* bits naar links dan ontstaat het getal 101110100/2.

Het getal is daardoor [ ] maal zo groot geworden.

VERMENIGVULDIGEN

We beginnen met enkele vermenigvuldigingen van *decimale* getallen.

```
    4 0 7 2          3 6              2 5 0
        1 1 x      1 0 1 x      1 0 1 0 0 0 x
    -------      -------      -------------
    4 0 7 2          3 6        2 5 0 0 0 0
  4 0 7 2 0      3 6 0 0    2 5 0 0 0 0 0 0
  ---------      -------    ---------------
  4 4 7 9 2      3 6 3 6    2 5 2 5 0 0 0 0
```

We beperken ons tot voorbeelden, die straks van belang zijn bij het vermenigvuldigen van binair geschreven getallen.

Merk het volgende op:

- Schuift een cijfer één digit naar links, dan wordt het gewicht van dat cijfer 10^1 x zo groot; de waarde van het cijfer wordt 10x zo groot. Schuift een cijfer n digits naar links, dan wordt de waarde van het cijfer 10^n maal zo groot.

- Schuiven alle cijfers van een decimaal getal één digit naar links, dan wordt de waarde van elk cijfer 10x zo groot; dus ook de waarde van het hele getal wordt 10x zo groot. Schuiven alle cijfers n digits naar links, dan wordt de waarde van het hele getal 10^n maal zo groot.

Bij het vermenigvuldigen wordt van deze regels gebruik gemaakt.

In het derde voorbeeld moet het getal 250 eerst met $1000 = 10^3$ worden vermenigvuldigd. Daartoe is het getal in zijn geheel drie digits naar links geschoven; de vrijgekomen digits worden voorzien van "nullen". Vervolgens moet het getal met $100000 = 10^5$ worden vermenigvuldigd. Daardoor is het getal in zijn geheel vijf digits naar links geschoven; de vrijgekomen digits worden weer voorzien van "nullen". Deze twee getallen worden opgeteld.

Op volgend blad bekijken we het vermenigvuldigen van *binaire* getallen.
We gaan op dezelfde wijze te werk als met decimale getallen.

Voorbeelden van het vermenigvuldigen van *binaire* getallen.

```
    1 0 1 1                    1 1 0 1                1 0 1 0 0
        1 1  x               1 0 1 0 0  x             1 0 0 1 0  x
    ---------              -----------              -----------
    1 0 1 1                1 1 0 1 0 0              1 0 1 0 0 0
  1 0 1 1 0            1 1 0 1 0 0 0 0        1 0 1 0 0 0 0 0 0
  ---------            ---------------        -----------------
1 0 0 0 0 1          1 0 0 0 0 0 1 0 0        1 0 1 1 0 1 0 0 0
```

We beperken ons tot die voorbeelden van vermenigvuldigen, waarbij slechts twee getallen opgeteld moeten worden. In de digitale techniek zorgt men ervoor dat men telkens twee getallen optelt. Moeten er drie getallen opgeteld worden, dan telt men het derde getal op bij de som van de twee eerste getallen.

We zien dat bij het vermenigvuldigen gebruik is gemaakt van de volgende regels:

- Schuift een cijfer één bit naar links, dan wordt het gewicht van dat cijfer 2x zo groot; de waarde van dat cijfer wordt dus 2x zo groot.

2^3	2^2	2^1	2^0	
			1	= 1

2^3	2^2	2^1	2^0	
		1	0	= 2

2^3	2^2	2^1	2^0	
	1	0	0	= 4

  Schuift het cijfer n bits naar links, dan wordt de waarde van het cijfer 2^n maal zo groot.

- Schuiven alle cijfers van een binair getal één bit naar links, dan wordt de waarde van elk cijfer 2^1 x zo groot; de waarde van het hele getal wordt dus ook 2x zo groot.
  Schuift het hele getal n bits naar links, dan wordt de hele waarde van het getal 2^n maal zo groot.

In het tweede voorbeeld wordt het bovenste getal eerst met 2^2 vermenigvuldigd. Het gehele getal schuift twee bits naar links; de vrijgekomen bits worden voorzien van "nullen". Daarna wordt het bovenste getal met 2^4 vermenigvuldigd, zodat het getal vier bits naar links schuift. De vrijgekomen vier bits worden weer voorzien van "nullen". Vervolgens worden de aldus verkregen getallen opgeteld.

OEFENINGEN

1 1 1	1 0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0
1 1	1 0 1	1 0 1 0 0 0	1 0 1 0
——— x	——— x	——— x	——— x
———	———	———	———

Controleer deze opgave door de getallen ook in decimale vorm te vermenigvuldigen.

. . .	. . .	. . .	. . .
. . .	. . .	. . .	. . .
——— x	——— x	——— x	——— x

HET ACHTTALLIG STELSEL

Het is moeilijk om grote binaire getallen te overzien en te onthouden. Bovendien vergt het opschrijven van zo'n groot binair getal veel tijd en ruimte. Om deze bezwaren te ontlopen bekijken we grote binaire getallen dikwijl als een samenstelling van "groepjes van drie bits".

1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 = 101 110 100 111

Met één groepje van drie bits kunnen $2^n = 2^3 = 8$ getallen weergegeven worden (0 t/m 7). Elk "groepje van drie bits" van het binaire getal vertegenwoordigt dan *één cijfer van hetzelfde getal, geschreven in het achttallig- of octale stelsel:*

101 110 100 111 /2 = 5 6 4 7 /8

5 6 4 7

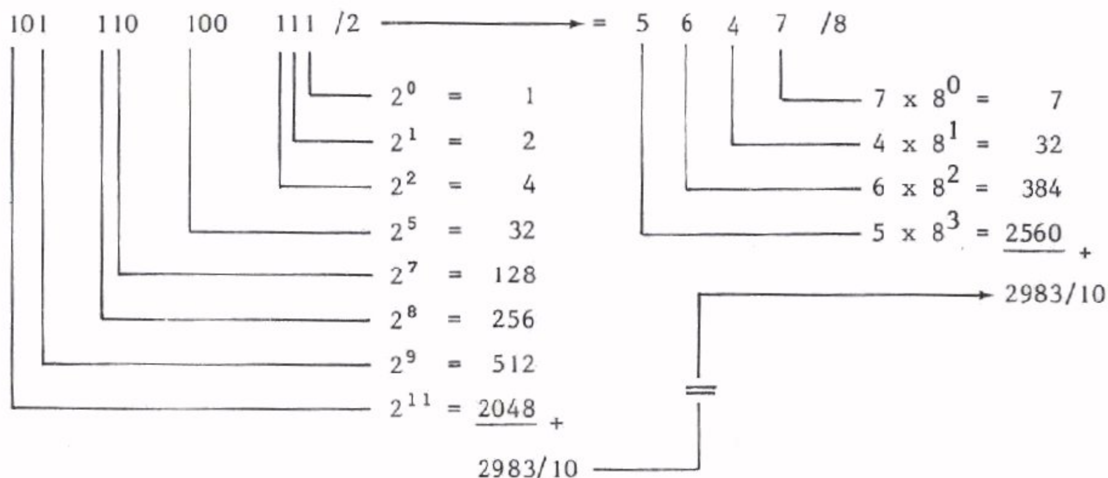
In het achttallig stelsel gebruikt men slechts ACHT cijfers:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7

Het gewicht van de cijfers van een getal in het OCTALE talstelsel bedraagt, van rechts naar links:

8^0, 8^1, 8^2, 8^3, enz.

We controleren het gegeven voorbeeld:



101110100111/2 = 5647/8 = 2983/10

Door een groot binair getal "achttallig te bekijken" is het beter te overzien en te onthouden. Door het binaire getal te noteren wordt de schrijfwijze korter. Ook in digitale tel- en rekenmachines worden binaire getallen vaak "in groepjes van drie bits" of "achttallig" gehanteerd.

OPMERKING

Ook grote decimale getallen schrijven we soms "in groepjes van drie digits" om het getal duidelijker te overzien.

100000000	100 000 000
735826010	735 826 010

OEFENINGEN

101010110011100/2 =	/8 =	/10
6767/8 =	/2 =	/10
525/10=	/2 =	/8
1000/10=	/8 =	/2

HET ZESTIEN-TALLIG STELSEL

Om grote binaire getallen beter te kunnen overzien worden deze ook wel in "groepjes van vier bits" opgesplitst.

010001011001 = 0100 0101 1001

Met één groepje van vier bits kunnen $2^n = 2^4 = 16$ getallen weergegeven worden (0 t/m 15).

Elk "groepje van vier bits" van het binaire getal vertegenwoordigt dan *één cijfer of symbool van hetzelfde getal, geschreven in het zestientallig of hexa-decimale stelstel.*

0100 0101 1001 /2 = 4 5 9 /16
4 5 9

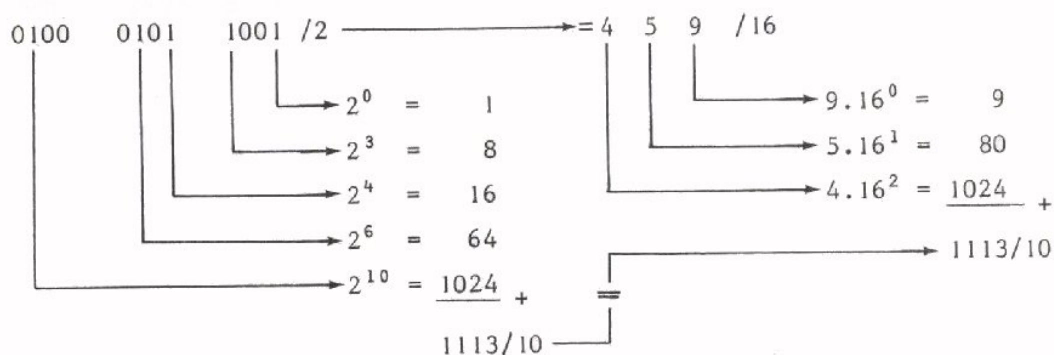
In het zestientallig stelsel gebruikt men behalve cijfers ook nog letters omdat men anders niet genoeg symbolen heeft. Men gebruikt in totaal ZESTIEN cijfers + letters:

0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , A , B , C , D , E en F

De lettersymbolen A, B, C, D, E en F komen overeen met 10,11,12,13,14 en 15 van het decimale stelsel. Het gewicht van de cijers of letters van een getal in het zestientallig stelsel bedraagt van rechts naar links:

16^0 , 16^1 , 16^2 , enz.

VOORBEELD



Dus: 010001011001/2 = 459/16

OEFENINGEN

100001001001/2 =		/16
111110111010/2 =		/16
268/16=		/10
AB/16=		/10
A2E/16=		/10
E09/16=		/2
4C8E/16=		/2
320/10=		/16
60000/10=		/16

DE BCD-CODE

We hebben gezien dat een groot binair getal beter te overzien is, als we het getal in "groepjes van drie bits" of in "groepjes van vier bits" kunnen opdelen. Bovendien kunnen we het binaire getal dan gemakkelijk omzetten in een getal van het achttallig stelsel of van het zestientallig stelsel.

Bijvoorbeeld:

110110010101/2 = 110 110 010 101 /2 = 6625/8

= 1101 1001 0101 /2 = D95/16

We zijn niet gewend, getallen te zien in het tweetallig, het achttallig of het zestientallig stelsel. In het dagelijkse leven gebruiken we immers uitsluitend het tientallig stelsel en we rekenen daar ook mee. Een rekenmachine echter, beschikt slechts over *twee* cijfers, namelijk: 0 en 1. Daarom gebruikt men een *code* waarmee de cijfers van een *decimaal* getal "stuk" voor "stuk" op *binaire* wijze aan de rekenmachine toegevoerd kunnen worden. Anders gezegd: men schrijft decimale getallen in een code die uitsluitend "nullen" en "enen" bevat, zonder dat het *hele* decimale getal eerst omgezet moet worden in een binair getal. Deze code noemt men de BCD-code. Het is een afkorting van "Binary Coded Decimal" of "Binair geCodeerde Decimaal". Bij de BCD code wordt elke digit van een decimaal getal geschreven als een binair getal van *vier* bits. Daarbij geldt:

0 wordt geschreven als:	0000	5 wordt geschreven als:	0101
1 ⟶	0001	6 ⟶	0110
2 ⟶	0010	7 ⟶	0111
3 ⟶	0011	8 ⟶	1000
4 ⟶	0100	9 ⟶	1001

1010, 1011, 1100, 1101, 1110 en 1111 worden niet gebruikt. Dit zijn de binaire getallen die overeenkomen met 10,11,12,13,14 en 15 in het decimale stelsel.

Een decimaal stelsel van drie digits wordt in BCD-code geschreven als drie binaire getallen van elk vier bits.

$$943/10 = \underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0100}_{4}\ \underbrace{0011}_{3}\ /\text{BCD}$$

LET OP ! De BCD code lijkt ogenschijnlijk veel op de reeds besproken methode voor het omzetten van binaire getallen in hexa-decimale getallen, waarbij ook "groepjes van vier bits" gevormd worden. We maken dit duidelijk met een voorbeeld:

$$0011\ 0110\ /2 \quad = 36/16 \rightarrow \overbrace{0011}^{3\times16^1}\ \overbrace{0110}^{6\times16^0}\ /2 \quad = 36/16$$

$$0011\ 0110\ /\text{BCD} = 36/10 \rightarrow \underbrace{0011}_{3\times10^1}\ \underbrace{0110}_{6\times10^0}\ /\text{BCD} = 36/10$$

36/16 is gelijk aan 54/10 en NIET gelijk aan 36/10. Controleer dit zelf. U ziet, er is een wezenlijk verschil !

OEFENINGEN

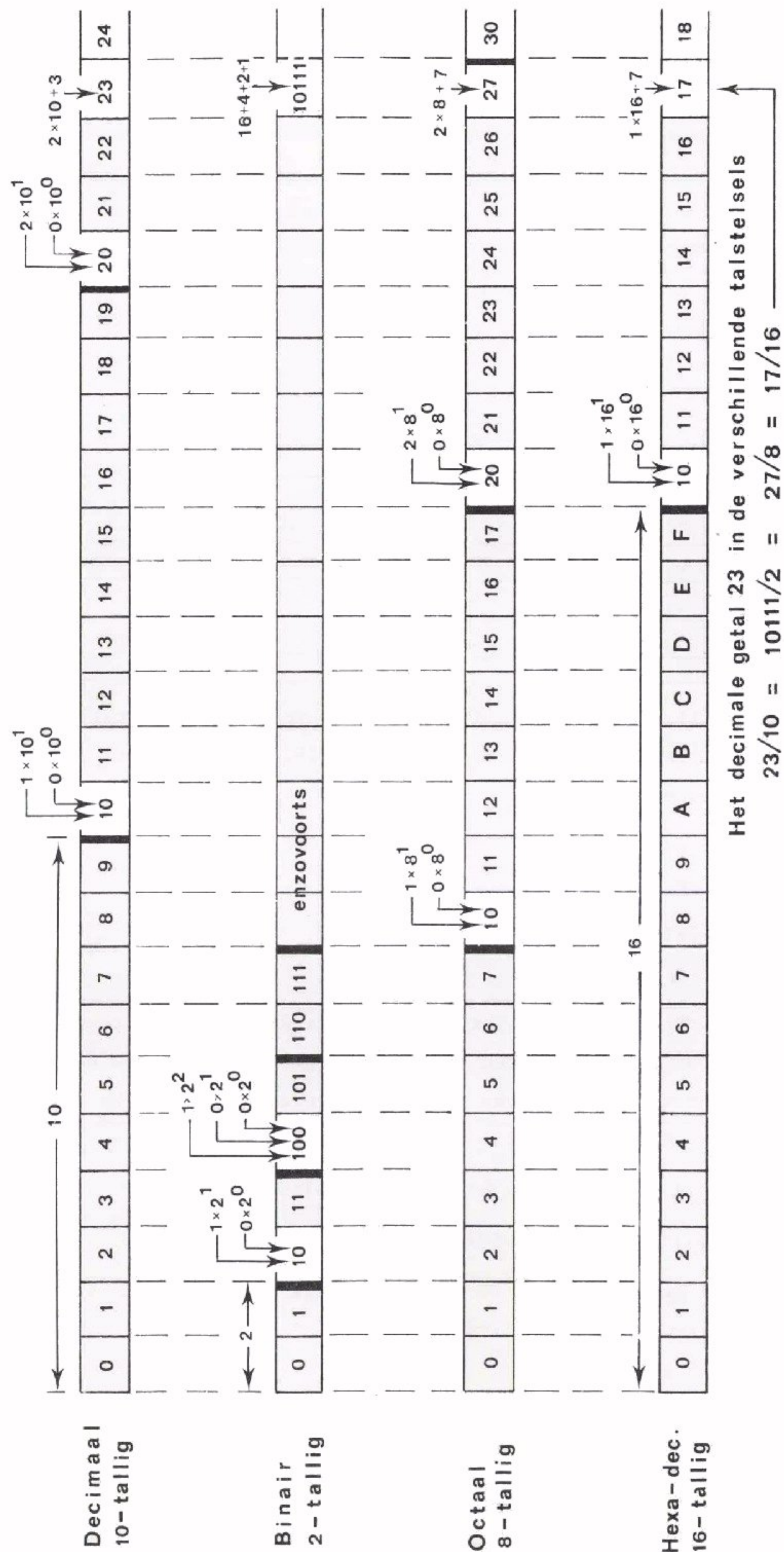
100101100101/BCD = /10

000100000100/BCD = /10

1033/10 = /BCD

98754/10 = /BCD

OVERZICHT TALSTELSELS



D19.10

Op nevenstaand overzicht zijn de besproken talstelsels in hun onderlinge verband weergegeven.

- Het decimale talstelsel bevat *tien* verschillende cijfers.

  Het binaire talstelsel *twee* cijfers.

  Het octale talstelsel *acht* cijfers.

  Het hexa-decimale talstelsel *zestien* cijfers plus letters.

- In het decimale stelsel zien we hoe na de eerste tien cijfer (0 t/m 9), het eerste tiental toegevoegd wordt.

  In het binaire stelsel wordt na de eerste twee cijfers (0 en 1), het eerste tweetal toegevoegd.

  In het octale stelsel wordt na de eerste acht cijfers (0 t/m 7), het eerste achttal toegevoegd.

  In het hexa-decimale stelsel volgt na de eerste zestien symbolen (0 t/m E), de toevoeging van het eerste zestiental.

VOORBEELDEN:

Het getal 11 in elk van de verschillende talstelsels wordt in het decimale talstelsel geschreven als:

Decimaal	Binair	Octaal	Hexa-decimaal
$1 \times 10^0 = 1$	$1 \times 2^0 = 1$	$1 \times 8^0 = 1$	$1 \times 16^0 = 1$
$1 \times 10^1 = 10$ +	$1 \times 2^1 = 2$ +	$1 \times 8^1 = 8$ +	$1 \times 16^1 = 16$ +
11/10	3/10	9/10	17/10

- Zoek het getal 11 in elk van de drie onderste getallenreeksen van het overzicht op blad 10.
- Kijk welke decimaal getal in de bovenste getallenreeks daarmee overeenkomt.
- Vergelijk de gevonden decimale getallen met de uitkomsten van de hierboven gegeven berekeningen.

Het getal 15 in het decimale stelsel wordt in de verschillende talstelsels geschreven als:

15/10 1111/2 17/8 F/16

Ga voor Uzelf eens na of dit klopt. Bestudeer thuis nog eens heel aandachtig het overzicht.

SAMENVATTING

OPTELLEN, AFTREKKEN EN VERMENIGVULDIGEN

decimaal	binair
8 7 9 8 5 2 + 16 12 11 1← 1← 1← ——— 1 7 3 1	1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 + 10 1 0 10 0 1 10 1← 1← 1← ——— 1 0 1 1 0 1 0 0 1 + 1 = 10. De "1" hiervan noemt men de *carry*, die "onthouden moet worden" voor het volgende bit.
236 → 1 12 16 87 − → 8 7 − −− 1 4 9	11110 → 1 1 1 0 10 1001 − → 1 0 0 1 − −−−− 1 0 1 0 1 1 van 0 aftrekken, kan niet. Men moet een "1" lenen van het voorgaande bit. Deze noemt men de *borrow*.
3 7 2 1 0 1 x 3 7 2 3 7 2 0 0 3 7 5 7 2 één digit naar links schuiven betekent met 10 vermenigvuldigen. n plaatsen naar links schuiven betekent vermenigvuldigen met 10^n.	1 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 x 1 0 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 één bit naar links schuiven betekent met 2 vermenigvuldigen. n bits naar links schuiven betekent vermenigvuldigen met 2^n.

- Het *tien*tallig stelsel of *decimale* talstelsel bevat tien verschillende cijfers: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9.**
  Het gewicht van de cijfers van een decimaal getal komt, van rechts naar links, overeen met de opklimmende machten van 10: 10^0, 10^1, 10^2. 10^3, enz.

736/10
- 6 → $6 \times 10^0 = 6$
- 3 → $3 \times 10^1 = 30$
- 7 → $7 \times 10^2 = 700$

736/10
- 6 → eenheden
- 3 → tientallen
- 7 → h nderdtallen

- Het *twee*tallig stelsel of *binaire* talstelsel bevat twee verschillende cijfers: **0 en 1.**
  Het gewicht van de cijfers van een binair getal komt, van rechts naar links, overeen met de opklimmende machten van 2: 2^0, 2^1, 2^2, 2^3, enz.

101/2
- 1 → $1 \times 2^0 = 1$
- 0 → $0 \times 2^1 = 0$
- 1 → $1 \times 2^2 = 4$ +

decimale waarde 5/10

101/2
- 1 → eenheden
- 0 → tweetallen
- 1 → viertallen

- Om grote binaire getallen beter te kunnen overzien deelt men ze vaak op in "groepjes van drie bits" of in "groepjes van vier bits". Binaire getallen opgesplitst in "groepjes van drie bits" zijn gemakkelijk om te zetten in getallen van het achttallig stelsel. Opgesplitst in"groepjes van vier bits" kunnen zij gemakkelijk omgezet worden in getallen van het zestientallig stelsel.

- Het *acht*tallig stelsel of het *octale* talstelsel bevat acht verschillende cijfers: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7**
  Het gewicht van de cijfers van een octaal getal komt, van rechts naar links overeen met de opklimmende machten van 8: 8^0, 8^1, 8^2, 8^3, enz.

101001111/2 = $\underbrace{101}_{5}\ \underbrace{001}_{1}\ \underbrace{111}_{7}$/2 = 517/8

517/8
- 7 → $7 \times 8^0 = 7$
- 1 → $1 \times 8^1 = 8$
- 5 → $5 \times 8^2 = 320$ +

decimale waarde 335/10

517/8
- 7 → eenheden
- 1 → achttallen
- 5 → 64-tallen

- Het *zestien*tallig stelsel of *hexa-decimale* talstelsel bevat 16 verschillende cijfers plus letter: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E en F. Het gewicht van de cijfers van een hexa-decimaal getal komt van links naar rechts, overeen met de opklimmende machten van 16: 16^0, 16^1, 16^2, 16^3, enz.

$$101101101111/2 = \underbrace{1011}_{11=B}\ \underbrace{0110}_{6}\ \underbrace{1110}_{14=F}/2 = B6F/16$$

B6F/16

F →	15×16^0 =	15	eenheden
6 →	6×16^1 =	96	16-tallen
B →	11×16^2 =	2816	256-tallen
		+	
decimale waarde		2927/10	

- Voor het toevoeren van decimale getallen aan apparaten die ingericht zijn voor het verwerken van binaire getallen, maakt men dikwijls gebruik van de zogenaamde BCD-*code*. *Elk cijfer* van het decimale getal wordt omgezet in een binair getal van *altijd vier bits*.

Dec.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD.	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

$$908/10 = \underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0000}_{0}\ \underbrace{1000}_{8}/BCD$$

NAAM: ______ KLAS: ______

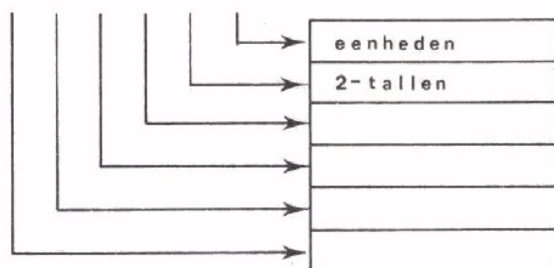
OEFENINGEN

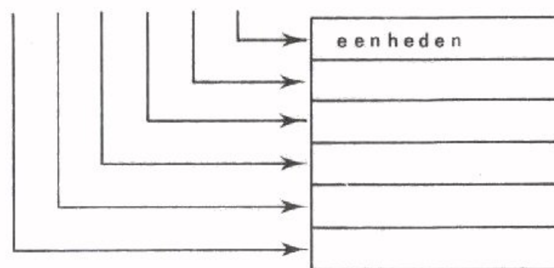
1. 10000/2 = ______ /10 = ______ /8 = ______ /16

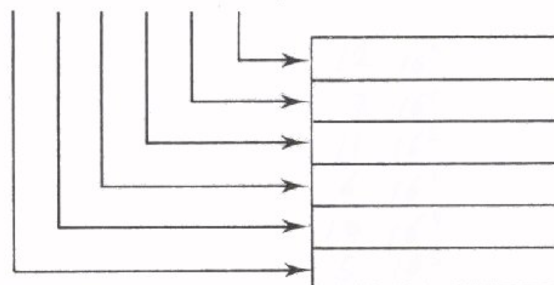
11110000/2 = ______ /10 = ______ /8 = ______ /16

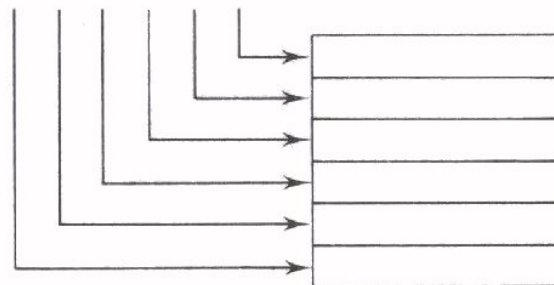
101100111000/2 = ______ /10 = ______ /8 = ______ /16

2. Vul het gewicht van elk van de cijfers in.









3. ABCD/16 = ______ /2

= ______ /8

4. 1105/10 = ______ /2

= ______ /8

= ______ /16

= ______ /BCD

5. 410/10 = ______ /BCD

= ______ /2

6. Vermenigvuldig onderstaande binaire getallen

```
  1 1 1              1 1 0 1 1 0
    1 0                  1 0 1 0
  ------ x           ------------ x
  [      ]           [            ]

1 1 1 1 1                1 1 1 1 1
1 0 1 0 0                      1 1
--------- x              --------- x
[        ]               [        ]
```

7. Bepaal het verschil van de volgende binaire getallen

```
1 0 0 0 1            1 1 0 0 1 1 0 0
  1 1 1 0                1 1 1 0 0 1
--------- -          --------------- -
[        ]           [              ]

1 1 1 1 1                1 0 0 0 0
  1 1 1 1                  1 1 1 1
--------- -              --------- -
[        ]               [        ]
```

8. - Hieronder ziet U een getallenreeks die de decimale getallen 0 t/m 18 bevat.
   - Probeer zelf de overeenkomstige getallen van het VIJFtallig stelsel in te vullen.

Decimaal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Vijftallig																			

```
1 2 4 /5
| | |
| | └──────> x  =
| └────────> x  =
└──────────> x  = ________ +
decimale waarde  [        ]
```

9. Geef de *decimale* waarde van het getal 111 in de verschillende talstelsels.

111/2 = [ ]

111/8 = [ ]

111/10 = [ ]

111/16 = [ ]

10. Hoeveel bits zijn er nodig om 1100100/2 in BCD-code te schrijven ?

[ ] bits.

D 20

DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP I

INLEIDING

In de twee vorige lessen hebben we kennis gemaakt met het binaire talstelsel. We hebben, uitsluitend met de symbolen 0 en 1, kunnen tellen, optellen, aftrekken en vermenigvuldigen.

In digitale rekenmachines wordt het binaire talstelsel toegepast. De machines moeten daarbij tellen, optellen, aftrekken en vermenigvuldigen. Om deze handelingen te verrichten gebruikt men in de computers veelvuldig zogenaamde JK-flip flop's. De JK-flip flop is een geheugenschakeling die iets afwijkt van de ons reeds bekende SR-flip flop.

In deze en de volgende les gaan we uitvoerig op de JK-flip flop in. Om de uitleg te kunnen volgen is kennis van de reeds behandelde SR flip flop nodig. We beginnen daarom met een korte herhaling van de eigenschappen van een SR-flip flop.

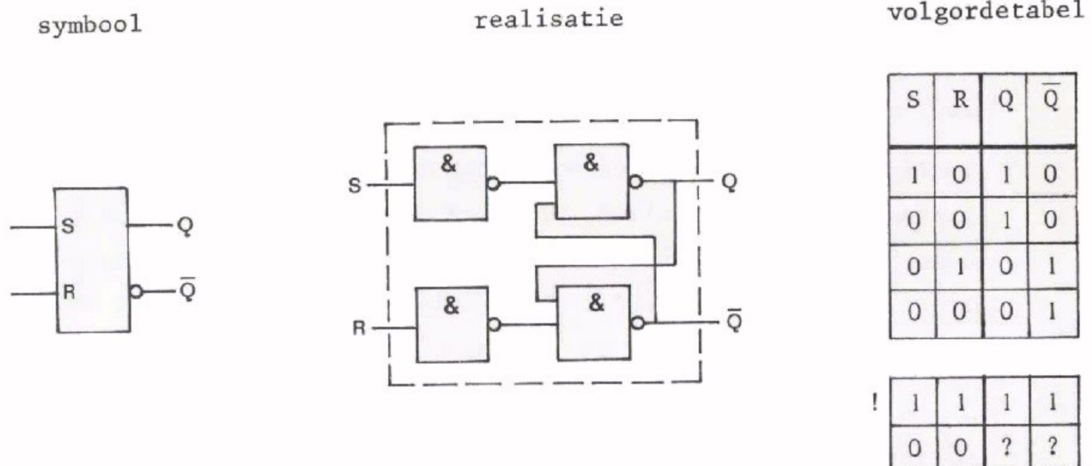
We bespreken de MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP en meten hieraan.

DE SR-FLIP FLOP

We hebben drie SR-flip flop's besproken: één met twee NOR's, één met twee NAND's en één met vier NAND's. De SR-flip flop die we nog eens gaan bekijken is opgebouwd uit vier NAND's. Kenmerkend voor deze SR-flip flop is:

- Stuursignaal "1". Door S = 1 óf R = 1 te maken wordt de flip flop geSet of geReset.
- Onthoudtoestand: S = 0 en R = 0.
  Door S = 0 en R = 0 te maken wordt de voorafgaande informatie onthouden.
- Vergeet-toestand: S = 1 en R = 1.
  Door S = 1 en R = 1 te maken wordt de voorafgaande informatie vergeten

Aan de hand van een volgordetabel bekijken we dit nog eens.



S	R	Q	$\overline{Q}$
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1

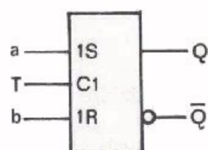
!	1	1	1	1
	0	0	?	?

Aan het gebruik van de letters S en R in het symbool is te zien dat we met een SR-flip flop werken. Het "symbool" voor de SR-flip flop doet géén uitspraak over de vergeettoestand, daar Q en $\overline{Q}$ nooit beide 1 kunnen zijn. In de realisatie is dit echter wel mogelijk.
Het is ongewenst dat na S = 1 en R = 1 de toestand S = 0 en R = 0 optreedt. Immers dan is niet te zeggen welke uitgangstoestand ontstaat: Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0 of Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1. Zie de vraagtekens in de volgordetabel.

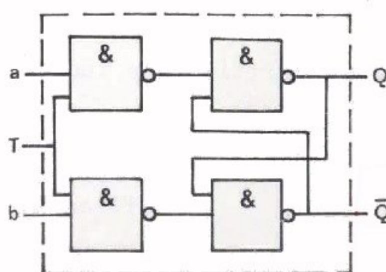
EEN GEKLOKTE SR-FLIP FLOP

Er zijn SR-flip flop's waarbij kloksignalen worden toegepast. We bepalen ons tot de "geklokte" SR-flip-flop met 4 NAND's.

symbool



realisatie



volgordetabel

a	b	T	Q	$\overline{Q}$	
1	0	1	1	0	←
1	0	0	1	0	
0	1	0	1	0	
0	1	1	0	1	←
0	1	0	0	1	
0	0	0	0	1	
0	0	1	0	1	
0	0	0	0	1	
1	1	0	0	1	
1	1	1	1	1	← !
1	1	0	?	?	← !
1	1	1	1	1	← !
1	1	0	?	?	← !

Het cijfer 1 in 1S en 1R betekent dat de a en de b ingangen alléén van invloed kunnen zijn als het "commando-signaal C1 = 1 is"; d.w.z. als het triggersignaal T = 1.

Bij de gegeven SR-flip flop moeten we bedenken dat door T = 0 te maken de ingangstoestanden S en R geen invloed meer hebben. De SR-flip flop verkeert dan in de onthoudtoestand.

Bij T = 0 is de "onthoudtoestand" aanwezig waarin de set- of reset-toestand wordt onthouden.

Wordt S = 1 en R = 1 bij T = 1 toegevoerd, dan treedt de "vergeettoestand" op en is Q1 = 1 en Q2 = 1.

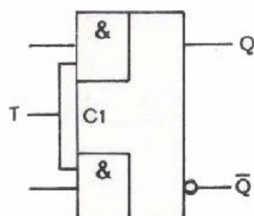
Volgt op S = 1 en R = 1 T = 0, dan treedt na de "vergeettoestand" de "onthoudtoestand" op. Nu treedt een niet te voorspellen uitgangstoestand op: Q1 = 1 en Q2 = 0 of Q1 = 0 en Q2 = 1.

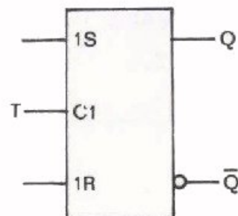
De toestand S = 1 en R = 1 is dus steeds ongewenst.

Een geklokte SR-flip flop heeft als voordeel dat deze minder gevoelig is voor stoorimpulsen van buiten af. Alléén als de klokimpuls "1" is, kan een stoorimpuls op S of R invloed hebben op de uitgang Q of $\overline{Q}$.
Wanneer de klokimpuls van korte duur is, is de kans dat een stoorimpuls doorgegeven wordt klein.

OPMERKING

De geklokte SR-flip flop bevat twee AND's aan de ingang. Deze AND's kunnen in het symbool getekend worden, maar worden meestal weggelaten.

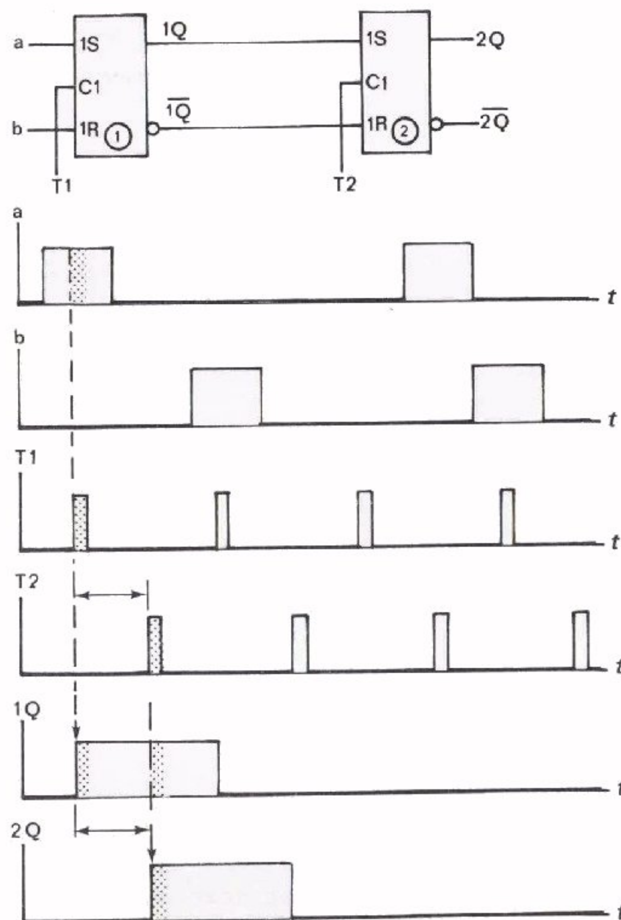




PRINCIPE VAN DE MASTER-SLAVE SR-FLIP FLOP

Om een digitale schakeling minder gevoelig te maken voor stoorimpulsen, wordt een MASTER-SLAVE SR-flip flop toegepast. Deze is samengesteld uit twee SR-flip flop's, ieder met een eigen kloksignaal.

Voor SR-flip flop ① is het kloksignaal T1 en voor SR-flip flop ② is dit T2.

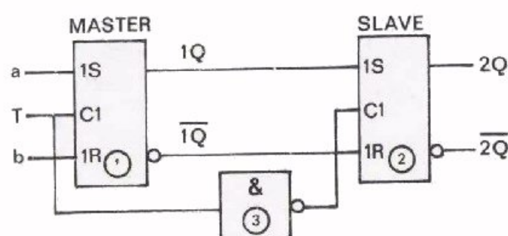


Voor het gemak veronderstellen we dat aan de eerste flip flop nooit de vergeettoestand wordt toegevoerd. Zijn uitgangstoestanden 1Q en $\overline{1Q}$ zijn altijd tegengesteld.

Als klokimpuls T1 = 1 wordt, komt de op S en R aanwezige informatie op de uitgangen 1Q en $\overline{1Q}$ ter beschikking.

Als de klokimpuls T2 = 1 wordt, komt de op 1Q en $\overline{1Q}$ aanwezige informatie op de uitgangen 2Q en $\overline{2Q}$ ter beschikking.

Tussen het moment waarop 1Q = 1 wordt en het moment waarop 2Q = 1 wordt ligt dezelfde tijd als tussen de voorflanken van de klokimpulsen T1 en T2.



Vervolgens sluiten we de SR-flip flop's aan op dezelfde klokimpuls. We zetten echter in de leiding naar de commando-ingang van ② een inverter. T1 en T2 van bovenstaand voorbeeld zijn nu veranderd in T en $\overline{T}$.

De informatie die aan S en R wordt toegevoerd komt in de eerste flip flop aan de uitgang 1Q en $\overline{1Q}$ beschikbaar als T = 1 wordt; ofwel op de *voorflank* van T.

Dezelfde informatie komt op de uitgang 2Q en $\overline{2Q}$ van de tweede flip flop beschikbaar als $\bar{T} = 1$ of $T = 0$; dus op de *achter*flank van T.

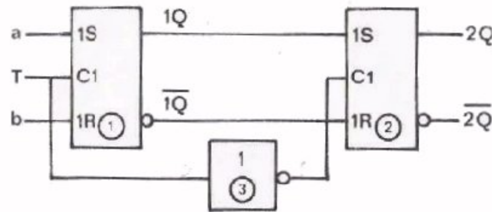
De eerste flip flop noemen we een *master* (spreek uit:*maaster* ; betekent meester). De tweede flip flop noemen we de *slave* (spreek uit: *sleef*; betekent slaaf).

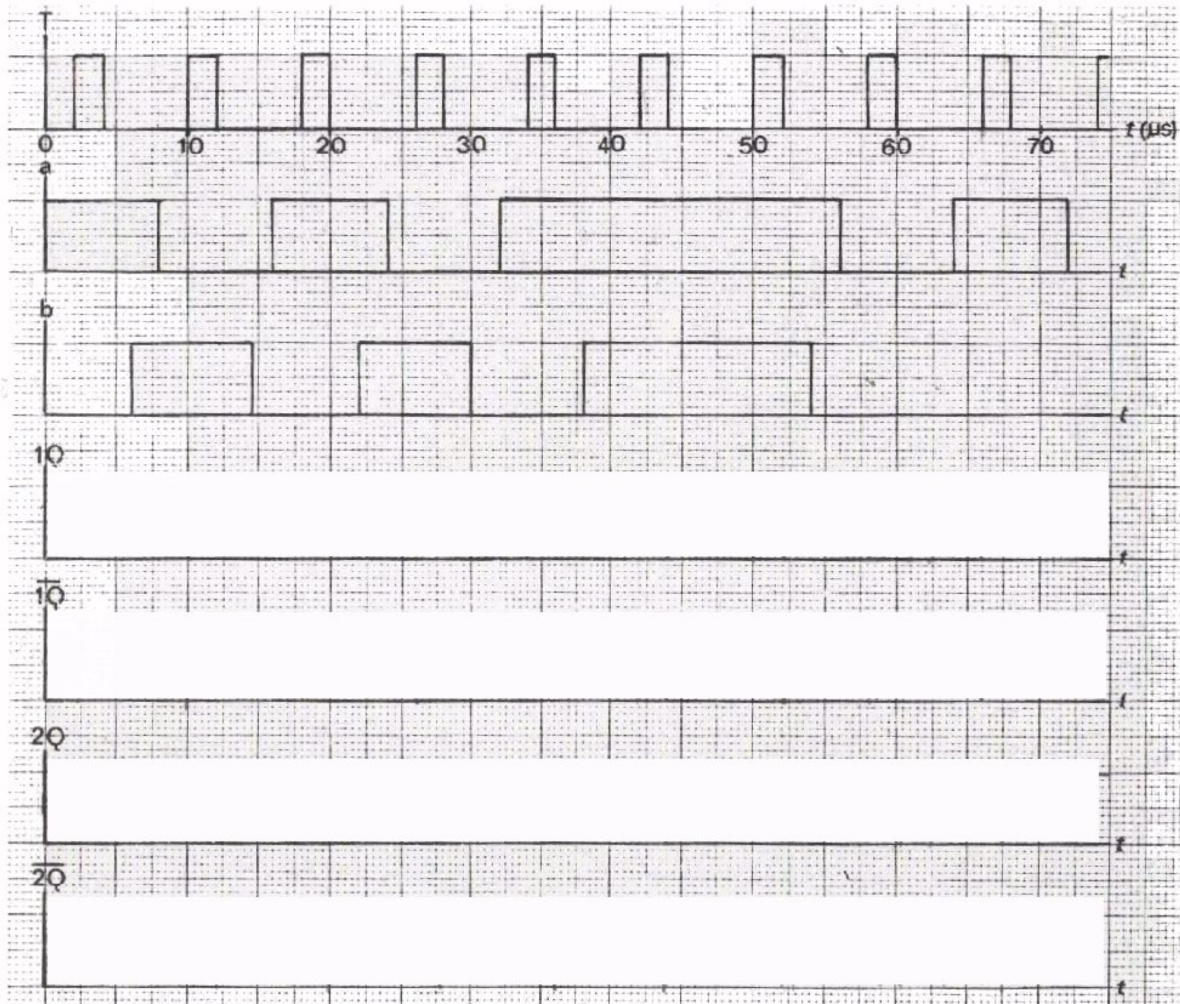
OPMERKING

Voordeel van het master-slave principe is: de ingangen van de Master zijn geblokkeerd als de informatie doorgegeven wordt aan de uitgangen van de Slave. In een schakeling wordt het commando voor het doorschuiven van alle informatie door de klokimpulsen gegeven. Storingen kunnen hierdoor gemakkelijker worden onderdrukt.

OEFENING

Bij wijze van oefening gaan we onderstaande tijd-volgorde-diagrammen van de master-slave SR-flip flop invullen.





Op de uitgang van de master komt de ingangsinformatie ter beschikking als T = [ ] wordt.

De *uitgangs*informatie van de master is de [informatie] van de slave.

Op de uitgang van de slave komt de ingangsinformatie ter beschikking als T = [ ] wordt.

Hoe lang na de reactie van de master volgt de reactie van de slave ?

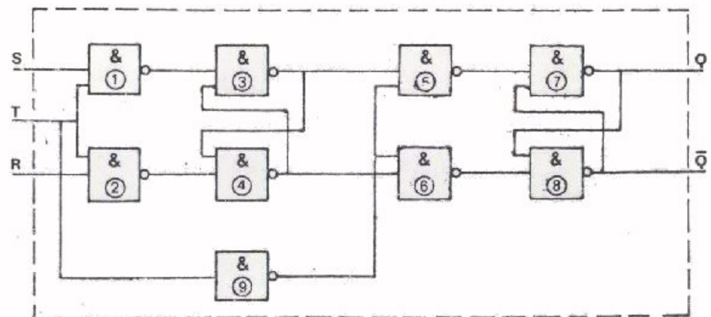
Antwoord: [ ]

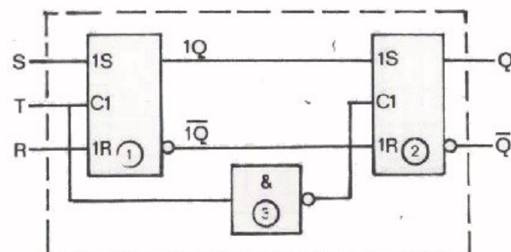
OEFENING

Vul de volgordetabel in van de master-slave SR-flip flop.

S	R	T	Q	$\overline{Q}$
1	0	1	1	0
1	0	0		
0	1	0		
0	1	1		
0	1	0		
1	0	0		
1	0	1		
1	0	0		
0	0	0		
0	0	1		
0	0	0		

1	1	0		
1	1	1		
1	1	0		
1	1	1		
1	1	0		

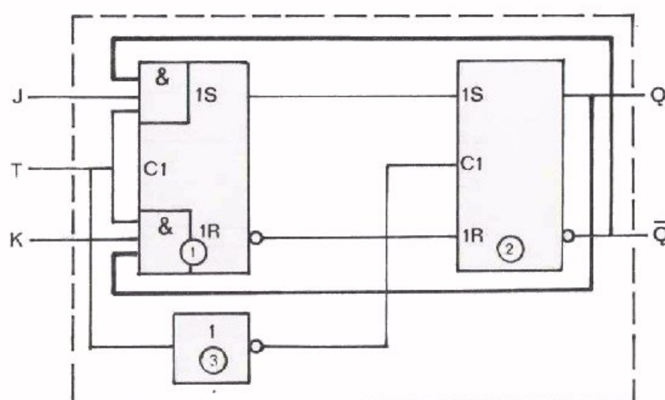




Wordt aan S en R van de master-slave SR-flip flop beide een "1" toegevoerd dan zal, bij verandering van T, de uitgangstoestanden niet van te voren te bepalen zijn. Stoorimpulsen kunnen echter alléén van invloed zijn op het moment dat de master-slave SR-flip flop het ingangssignaal doorgeeft, dus op de *achter*flank van de klokimpuls.

DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP

De opbouw van de MASTER-SLAVE JK-flip flop wijkt maar weinig af met die van de MASTER-SLAVE SR-flip flop. Ook hier zijn twee SR-flip flop's na elkaar geschakeld. Het verschil is dat bij de MASTER-SLAVE JK-flip flop de uitgangen teruggekoppeld worden naar de ingangen via dezelfde AND's waarop ook het kloksignaal is aangesloten. S en R bij de SR-flip flop hebben de betekenis van Set en Reset. J en K bij de JK-flip flop hebben géén betekenis.



In het schema is te zien dat de uitgangen Q en $\overline{Q}$ kruislings verbonden zijn met de ingangen, $\overline{Q}$ met de S-ingang van ① en Q met de R-ingang van ①.

Voordelen van de MASTER-SLAVE JK-flip flop zijn:

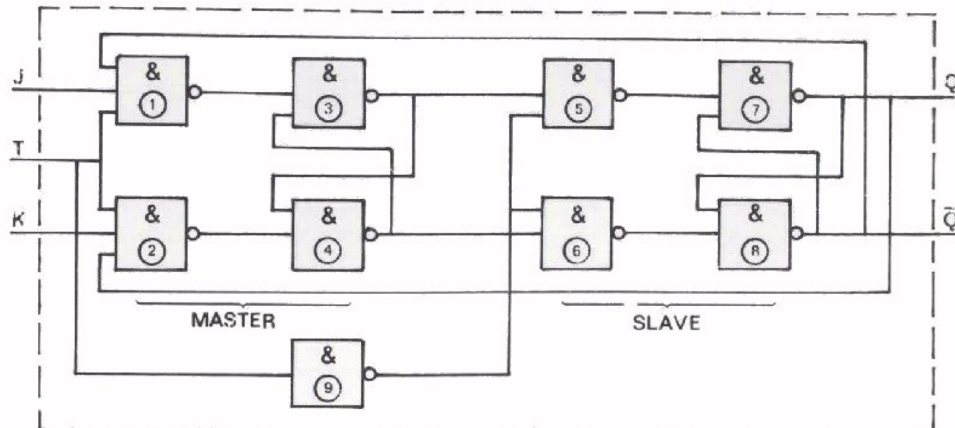
- er treedt géén vergeettoestand op,
- hij is als tweedeler te gebruiken.

We zullen dit in een oefening op blad 10 laten zien.

Op het volgend blad bekijken we hoe de master-slave JK flip flop opgebouwd wordt.

REALISATIE VAN DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP

Een SR-flip flop is, zoals we reeds weten, met vier NAND's te realiseren. Een master-slave JK-flip flop, die uit twee SR-flip flop's en een inverter is opgebouwd, kan dus met negen NAND's gerealiseerd worden. Hieronder is dit in een schema weergegeven.



De master wordt gevormd door de NAND's [ ]

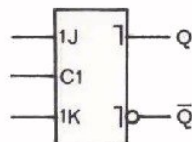
De slave wordt gevormd door de NAND's [ ]

De NAND's ① en ② hebben elk drie ingangen nodig.

Aan NAND ① wordt toegevoerd [ ]

Aan NAND ② wordt toegevoerd [ ]

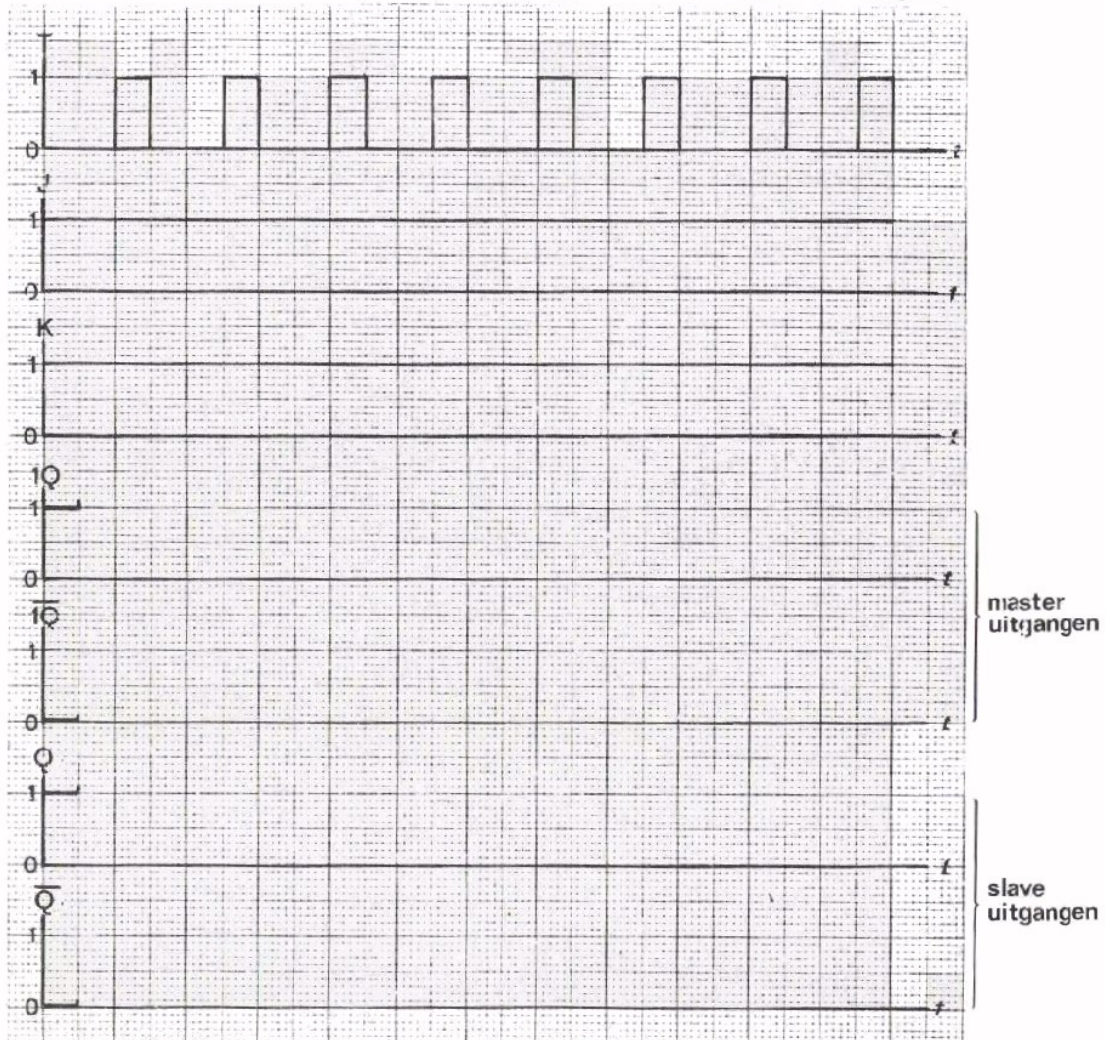
HET SYMBOOL



Dit is het schema-symbool van de master-slave JK-flip flop. Met het teken ˥ wordt aangegeven dat de uitgangen Q en $\overline{Q}$ veranderen als de commando-ingang C1 = 0 wordt. Dit is dus op de achterflank van de klokimpuls. Hiermee wordt het *master-slave* principe aangeduid.

OEFENINGEN

Teken hieronder in de tijd-volgorde-diagrammen de uitgangstoestanden op de master en de slave, als de ingangen J en K beide "1" zijn.



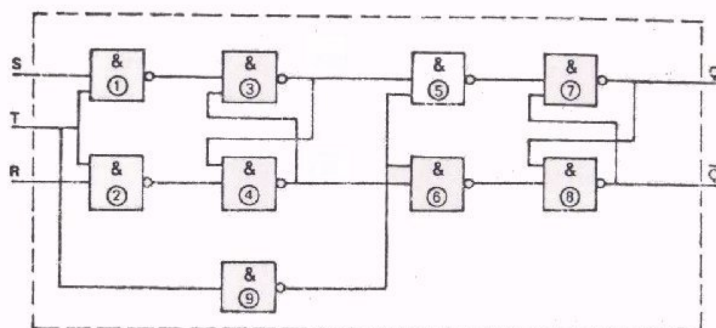
Als de volgordetabel en tijd-volgorde-diagrammen goed zijn samengesteld zien we:

- Bij elke verandering van de klokimpuls van T = 0 naar T = 1 worden de master-uitgangen omgezet.
- Bij veranderingen van de klokimpuls van T = 1 naar T = 0 worden de slave-uitgangen omgezet.
- De master-veranderingen worden telkens een klokimpuls later gevolgd door overeenkomstige slave-veranderingen.
- We zien dat "de klokimpulsen met de frequentie f", uitgangsimpulsen Q en $\overline{Q}$ met de frequentie ½f tot gevolg hebben.
  Er is sprake van *frequentiedeling.*
- De master-slave JK-flip flop is dus als *tweedeler* te gebruiken.
- De uitgangstoestanden van Q en $\overline{Q}$ zijn altijd tegengesteld,

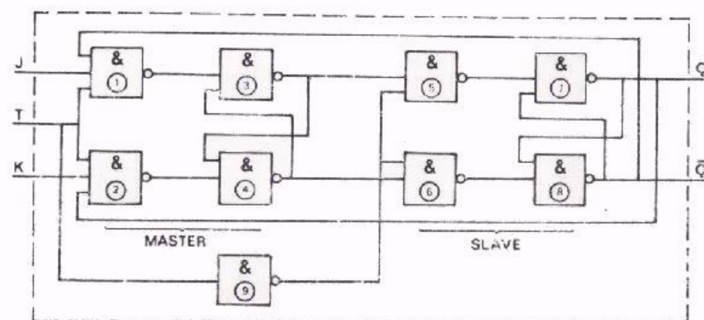
VERGELIJKING MASTER-SLAVE SR- EN JK-FLIP FLOP

DE OVEREENKOMST TUSSEN DE MASTER-SLAVE SR- EN DE JK-FLIP FLOP

Bij de master-slave SR- en JK-flip flop zijn de Set-toestand, de Reset-toestand en de onthoud-toestand altijd gelijk.



S	R	T	Q	$\overline{Q}$
1	0	1	1	0
1	0	0	1	0
0	1	0		
0	1	1		
0	1	0		
1	0	0		
1	0	1		
1	0	0		
0	0	0		
0	0	1		
0	0	0		



J	K	T	Q	$\overline{Q}$
1	0	1	1	0
1	0	0	1	0
0	1	0		
0	1	1		
0	1	0		
1	0	0		
1	0	1		
1	0	0		
0	0	0		
0	0	1		
0	0	0		

HET VERSCHIL TUSSEN MASTER-SLAVE SR- EN JK-FLIP FLOP

Het verschil tussen de master-slave SR- en de JK-flip flop treedt op bij de toestand S = 1 en R = 1 (J = 1 en K = 1).

S	R	T	Q	$\overline{Q}$
0	0	0	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0
1	1	0	?	?
1	1	1	?	?
1	1	0	?	?

Bij de SR-flip flop treedt bij S = 1 en R = 1 een uitgangstoestand op die niet van te voren bepaald kan worden.

J	K	T	Q	$\overline{Q}$
0	0	0	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1
1	1	0	1	0

Bij de JK-flip flop treedt bij J = 1 en K = 1 en verandering van T, een *verandering van de uitgangstoestand* op;

Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1 wordt Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0 óf

Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0 wordt Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1.

INLEIDING: METEN AAN DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP

In de volgende opdracht bouwen we een master-slave JK-flip flop met behulp van negen NAND's. De master-slave JK-flip flop is samengesteld uit twee SR-flip flop's. Bovendien zijn de uitgangen naar de ingangen teruggekoppeld. Er bevindt zich een NAND tussen de klokingangen.

De schakeling is nogal ingewikkeld en daarom moeilijk in één keer goed te bouwen. We gaan de schakeling daarom in stapjes opbouwen.

We gaan als volgt te werk:

- We bouwen de 1e geklokte SR-flip flop.
- We controleren of deze SR-flip flop goed werkt.
- We bouwen de 2e geklokte SR-flip flop er achteraan.
- We brengen een NAND aan tussen de klokingang van de 1e flip flop en de 2e flip flop.
- We controleren of de 2e SR-flip flop goed werkt.
- Tenslotte brengen we de terugkoppelingen van de uitgangen van de 2e flip flop naar de ingangen van de 1e flip flop aan.
- We controleren of de nu complete master-slave JK-flip flop goed werkt.

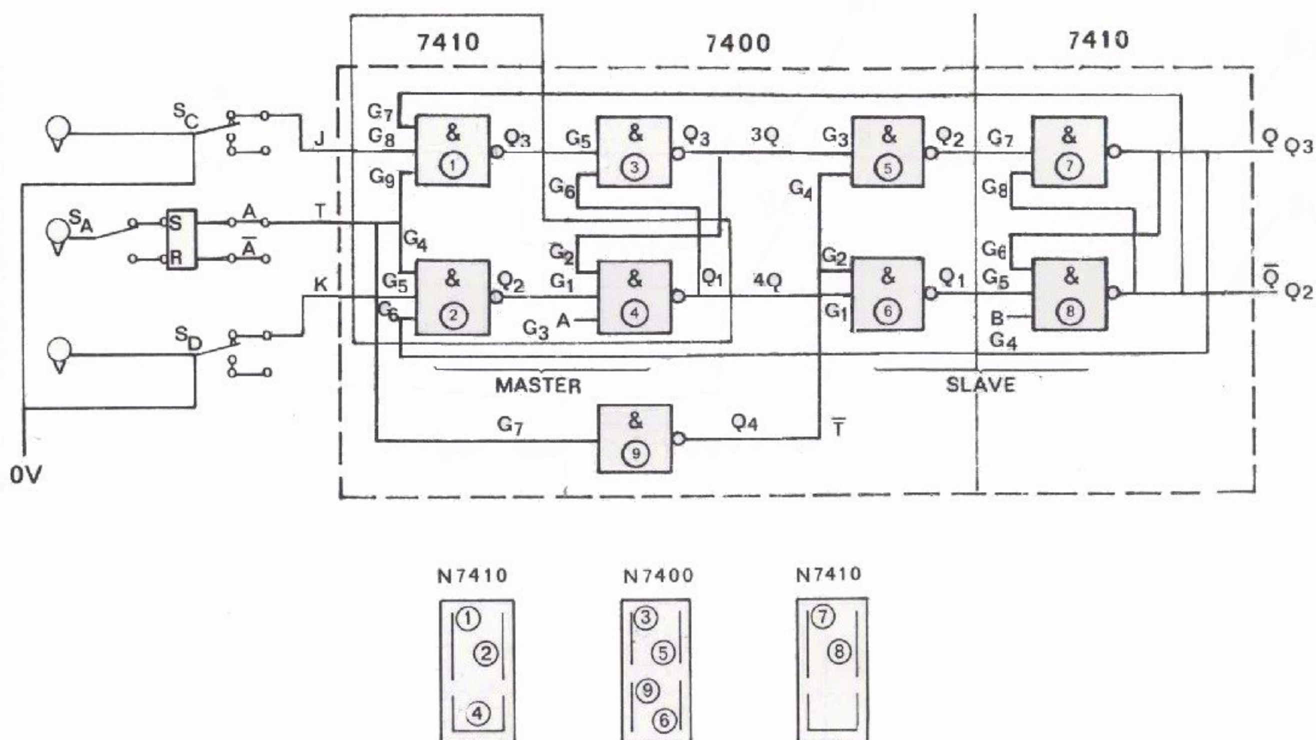
TOEVOEREN VAN DE INGANGSSIGNALEN

De signalen T, J en K worden met behulp van schakelaars op de schakelaar-modul toegevoerd aan de flip flop's. Voor het toevoeren van de klokimpuls op de T-ingang moeten we de schakelaar S_A of S_B met antidender gebruiken. De signalen op de J- en K-ingang kunnen met de schakelaars S_C en S_D worden gemaakt, omdat deze niet antidender hoeven te zijn.

OPMERKING

Houd steeds de voorgestelde nummering aan, die op het schema bij iedere NAND is aangegeven en bij de eronder gegeven plattegrond behoort.

OPDRACHT: METEN AAN DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP



- Alle NAND's hebben een voedingspanning van 5 V. Gebruik hiervoor de voedingsmodul.

- Zet S_A omlaag en S_C en S_D omhoog; A, C en D zijn dan 0".

- Bouw de eerste geklokte SR- flip flop.

  Deze bestaat uit de NAND's [ ]

Controleer of de SR-flip flop goed werkt.

- Bouw de tweede geklokte SR-flip flop er achteraan.

  Deze bestaat uit de NAND's [ ]

Controleer of deze SR-flip flop goed werkt.

- Maak de master-slave JK-flip flop compleet.

- Reset de SR-flip flop's door aan de ingangen A en B elk even een "0" toe te voeren.

- Controleer of de complete JK-flip flop goed werkt. Voer daartoe de ingangssignalen van de tabel op het volgende blad achtereenvolgens toe. Vul de tabel verder in.

J	K	T	$\bar{T}$	3Q	4Q	7Q=Q	8Q=$\bar{Q}$
1	0	1					
1	0	0					
0	1	0					
0	1	1					
0	1	0					
1	0	0					
1	0	1					
1	0	0					
1	1	0					
1	1	1					
1	1	0					
1	1	1					
1	1	0					
1	1	1					

Wordt T beurtelings 0 en 1 dan:

- Volgen de uitgangen Q en $\bar{Q}$ de J en K ingangen als:

J = K = 1 / J = K = 0 / J = 1 en K = 0 of J = 0 en K = 1

- voldoet de master-slave JK-flip flop als tweedeler (frequentiedeler) bij

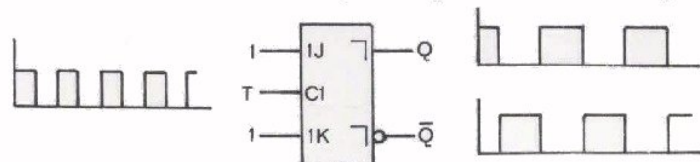
J = K = 1 / J = K = 0 / J = 1 en K = 0 of J = 0 en K = 1

DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP ALS FREQUENTIEDELER

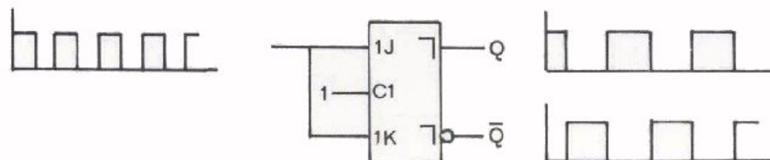
Het komt veelvuldig voor dat een blokspanning omgezet moet worden in een nieuwe blokspanning met een tweemaal zo lage frequentie. Men spreekt dan van *frequentiedelen.*

Frequentiedelen kan met behulp van een JK-flip flop als volgt gebeuren:

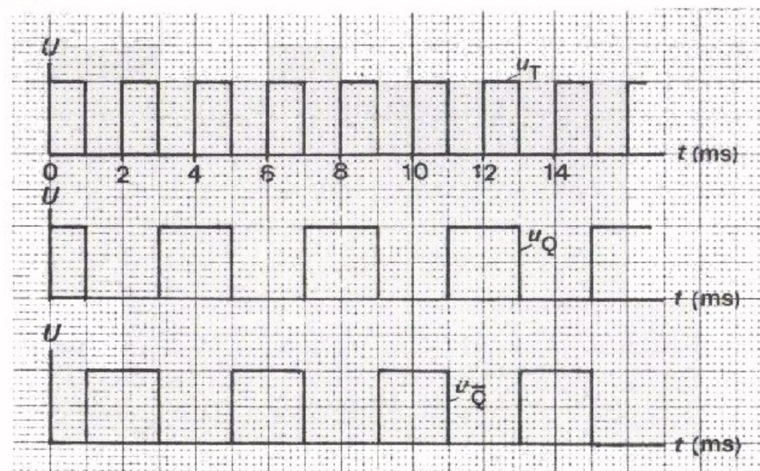
- De J en K ingangen worden beide open gelaten, beide toestand "1". We voeren aan de C ingang een blokspanning T toe met een frequentie f. Aan de uitgangen Q en $\bar{Q}$ ontstaan blokspanningen met een frequentie $\frac{1}{2}f$.



- De C ingang wordt met "1" verbonden. We voeren aan de "J + K" ingang die doorverbonden zijn, de blokspanning T toe met een frequentie f. Ook nu ontstaan op de uitgangen Q en $\bar{Q}$ blokspanningen met een frequentie $\frac{1}{2}f$.



In onderstaande volgorde-tabel en in de tijd-volgordediagrammen is dit weergegeven.



Q en $\bar{Q}$ veranderen steeds als de C ingang "0" wordt ("J + K" ingang "0" wordt).

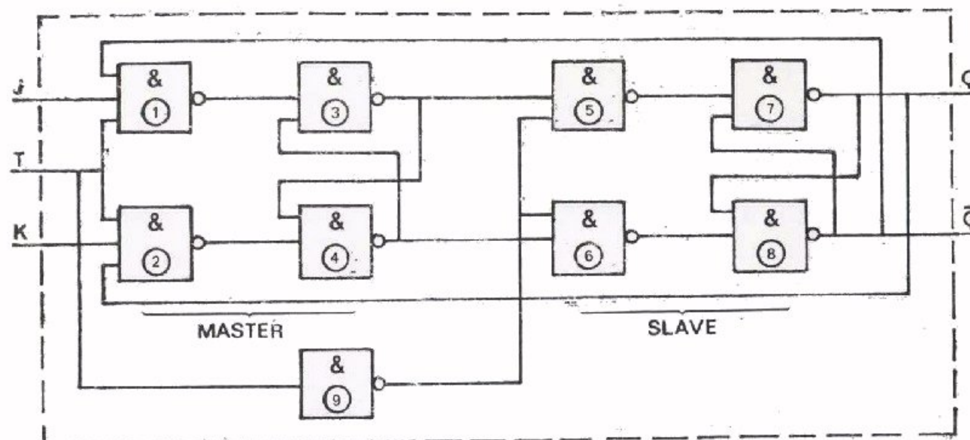
Vraag:

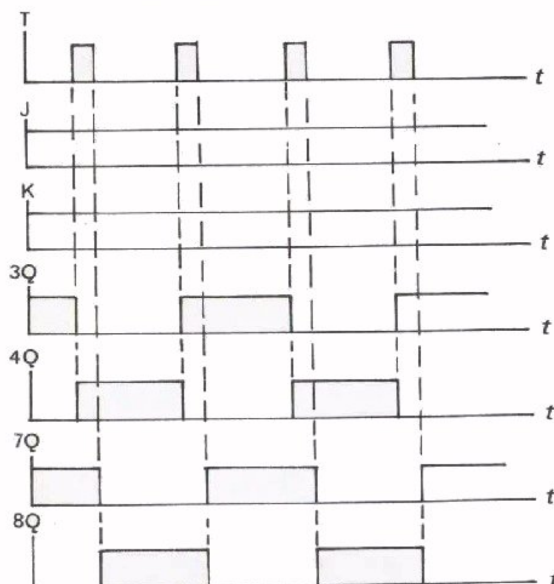
Hoe groot zijn de frequenties van u_T en u_Q in de getekende tijd-volgorde-diagrammen ?

f_{UT} = ☐ f_{UQ} = ☐ $f_{U\bar{Q}}$ = ☐

SAMENVATTING

- Principe van de master-slave JK-flip flop.

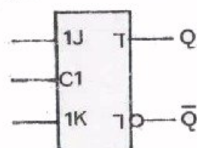




De uitgangstoestanden van de master veranderen op de voorflank van het kloksignaal T.

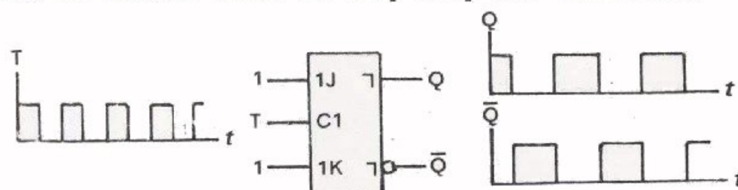
De uitgangstoestanden van de slave veranderen op de achterflank van het kloksignaal T.

- Schema-symbool voor de master-slave JK-flip flop.



- Voordelen van de master-slave JK-flip flop:
  - ze zijn minder stoorgevoelig.
  - ze hebben geen vergeettoestand.
  - ze zijn als frequentiedeler te gebruiken.

- Toepassing van de master-slave JK-flip flop als tweedeler.



NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. Het verschil tussen een JK-flip flop en een SR-flip flop is:

____

____

____

2. Het principe van de master-slave flip flop is:

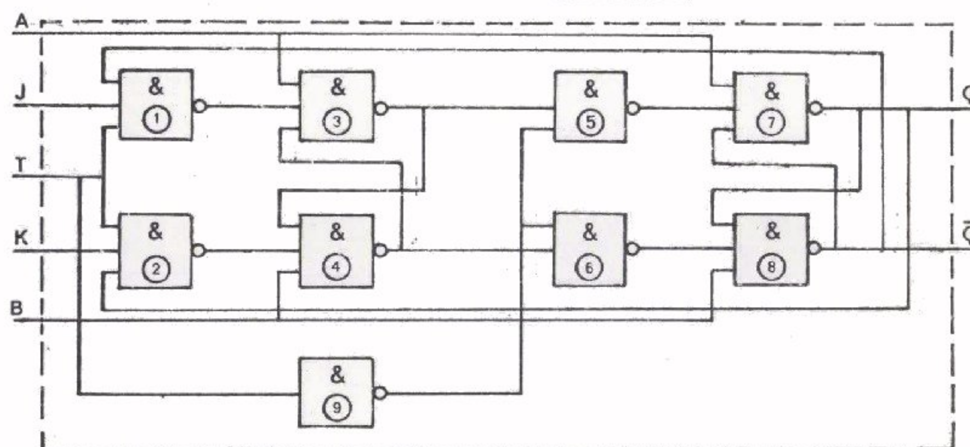
____

____

____

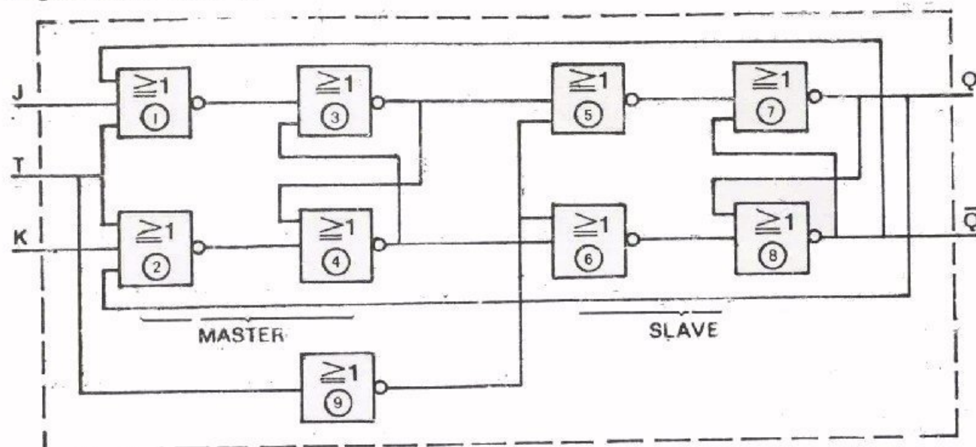
3. Aan de master-slave JK-flip flop wordt aan A een "0" toegevoerd. Bepaal de uitgangstoestand van Q. Q = 0 / 1

Wanneer aan B een "0" toegevoerd wordt, wat is dan de uitgangstoestand van Q ? Q = 0 / 1



Teken de uitgangstoestand van Q als aan T de gegeven blokspanning wordt toegevoerd en J = K = "1" is. Ga uit van de toestand, dat aan A even een "0" wordt toegevoerd.

4. In onderstaand schema zijn alle NAND's van de master-slave JK-flip flop vervangen door NOR's.

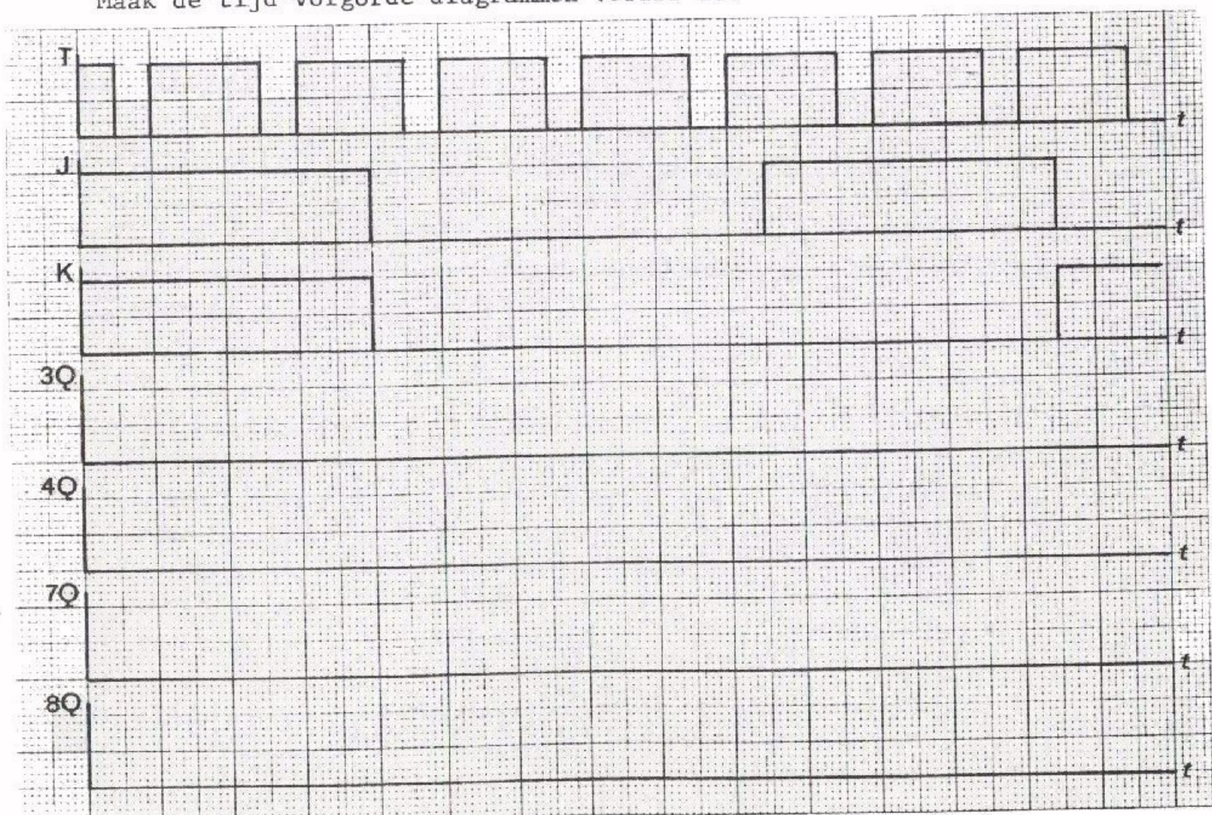


De NOR's ①, ②, ③, ④ en ⑤, ⑥, ⑦, ⑧ vormen twee SR-flip flop's. Het kloksignaal T dat toegevoerd moet worden om de SR-flip flop te blokkeren is | 1 / 0 |

- Voor de gegeven schakeling met NOR's geldt:

- Zwevende ingangen verkeren in toestand [ ]
- de (ingangs) onthoudtoestanden zijn J = [ ] en K = [ ]
- als tweedeler te gebruiken bij J = [ ] en K = [ ]

Maak de tijd-volgorde-diagrammen verder af.



D 21

DE JK-FLIP FLOP II

INLEIDING

In de vorige les hebben we een eerste kennismaking gehad met de master-slave JK-flip flop.

Hierbij kwam ter sprake:

- Het JK-principe.
  Telkens als 1-1 na 0-0 wordt toegevoerd is het gevolg daarvan dat de uitgangstoestanden veranderen van 0-1 in 1-0 of omgekeerd.

- Het master-slave principe.
  Op de *voor*flank van de klokimpuls wordt de master-flip flop geset of gereset.
  Op de *achter*flank van de klokimpuls volgt de slave-flip flop de master.

- Een uitvoering van een master-slave JK-flip flop met negen NAND's.

- Meten aan een master-slave JK-flip flop.

In deze les bespreken we de JK-flip flop in IC-uitvoering.

We introduceren de JK-flip flop-modul voor het uitvoeren van opdrachten op het oefenpaneel.

We meten aan deze JK-flip flop.

Tevens wordt een binaire teller behandeld die samengesteld is uit JK-flip-flop's.
Aan deze binaire teller wordt ook gemeten.

DE JK-FLIP FLOP IN GEINTEGREERDE UITVOERING

De master-slave JK-flip flop die opgebouwd is uit negen NAND's en waaraan we in de vorige les gemeten hebben, is in zijn geheel als IC verkrijgbaar.

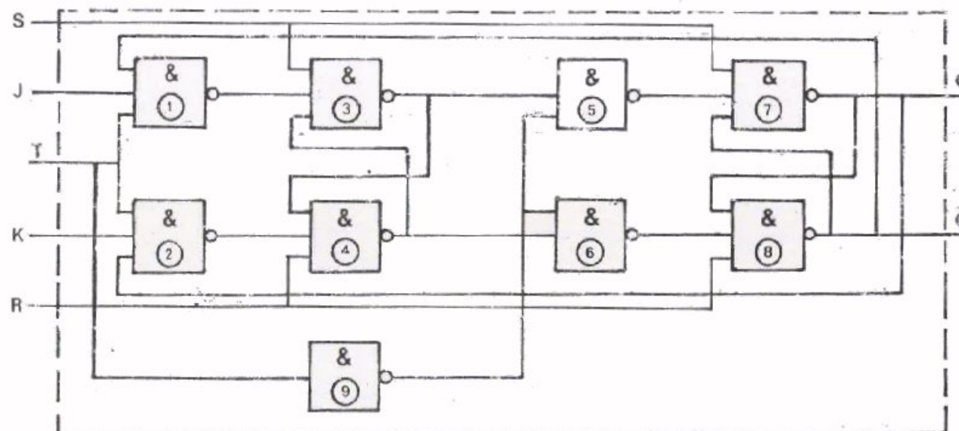
De uitvoering volgens type N 7476 die is gemonteerd in de JK-flip flop-modul, bevat twee identieke master-slave die ieder weinig verschil vertonen met de besproken realisatie met negen NAND's

De afwijkingen zijn:

- Er zijn twee extra ingangen; een R- en een S-ingang.
  Hiermede is de JK-flip flop te setten of te resetten door S = 0 of R = 0 te maken.
- De JK-flip flop is als 2 NAND SR-flip flop te gebruiken, mits de T-ingang = 1 is.

Bedenk dat bij NAND's geldt: zwevende ingangen = 1.

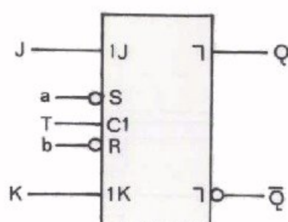
In de modul bevinden zich twee master-slave JK-flip flops waarvan hieronder het schema is gegeven.



Door óf S óf R aan "0" te leggen kunnen we de 2 NAND-flip flop's (3)+(4) en (7)+(8) Setten of Resetten. De master en de slave worden nu tegelijkertijd in een bepaalde stand gezet.

SYMBOOL MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP

Het *symbool* van iedere master-slave JK-flip flop in de N 7476-modul, waarvan het schema op vorig blad getekend is, wordt hier gegeven.



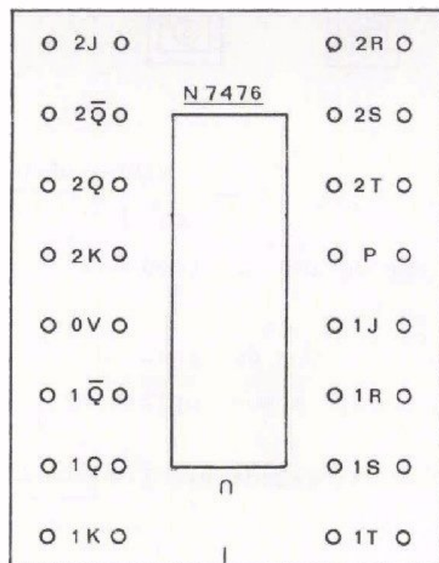
- Het indexcijfer 1 van 1J en 1K betekent dat de J- en de K-ingangen alléén van invloed zijn als C1 = 1 is.

- Bij de ingangen S en R is het omkeerteken ◁ getekend.
  Dit betekent dat Setten of Resetten alléén plaats kan vinden als a = 0 of b = 0.

- In het symbool bij de uitgangen zijn de tekens ⅂ toegepast; dit betekent dat veranderingen aan de ingangen een klokimpulstijd later naar de uitgangen doorgegeven worden (master-slave principe).

DE JK-FLIP FLOP MODUL N 7476

Hieronder zijn in het bovenaanzicht de plaatsen van de aansluitingen op de contacten van de modul aangegeven.



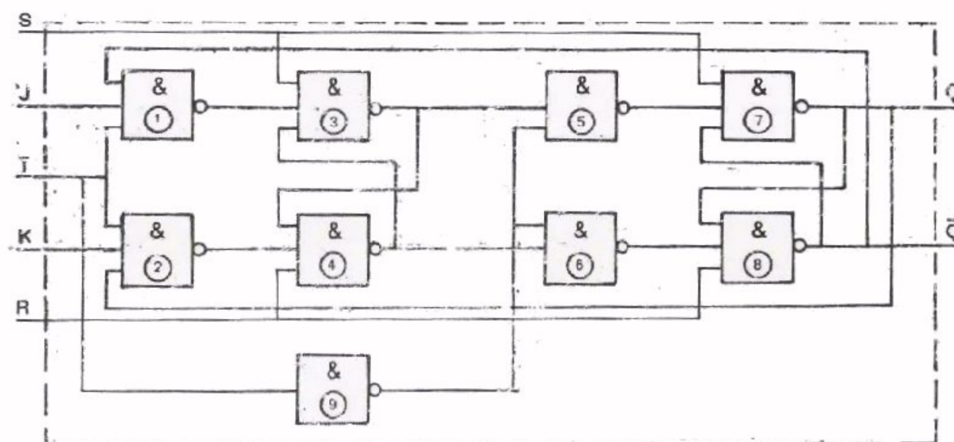
De aansluitingen komen overeen met die op het IC-blokje.
In de modul is een 16-pens IC-voetje gemonteerd. Het IC-blokje is uitgevoerd met 16 pennen.
De uitsparing in het IC-blokje valt samen met de uitsparing in het voetje.
Het 0 V-contact links is doorverbonden met de onderste contactpennen op de bodem.
Het P-contact rechts is doorverbonden met de bovenste contactpennen.

De voedingsspanning bedraagt 5 V. Per meetpaar zijn twee van deze modullen beschikbaar.
De ingangen en uitgangen van de eerste flip-flop zijn aangegeven met het cijfer 1; die van de tweede flip-flop met het cijfer 2.

OPDRACHT: METEN AAN DE JK-FLIP FLOP

De gebruikte JK-flip flop's worden alle als IC uitgevoerd. Meerdere IC's vormen tezamen een schakeling. In zo'n schakeling is het moeilijk om een eventueel defect geraakte IC terug te vinden. Daarom is het gewenst ieder IC afzonderlijk te kunnen controleren.

We bouwen de JK-flip flop nog eens met negen NAND's en bekijken vervolgens hoe we de schakeling moeten testen.
Op dezelfde manier testen we straks de IC's.



N7410



N7400



N7410



- Bouw bovenstaande schakelingen met de 2- en 3 NAND-modullen.
- Laat J en K zweven, dan geldt: J = [ ] en K = [ ]
- Sluit T aan op B1 en $\overline{T}$ op B2 van de indicatormodul.
- Sluit 3Q aan op B3 en 7Q = Q op B4.
- Sluit op T de blokspanning van 1 Hz van de generatormodul aan.
- Controleer of B3 en B4 op het juiste moment oplichten.

B3 brandt als T = [1 / 0] , B4 brandt als $\overline{T}$ = [1 / 0]

- De frequentie waarmede B4 "aan en uit" gaat is [ ] x de frequentie van het signaal op T.
- Blokkeer de werking als tweedeler van deze JK-flip flop door afwisselend J = 0 of K = 0 te maken.

De juiste werking van de JK-flip flop wordt dus gecontroleerd door:

Bij J = 1 en K = 1 te controleren of Q of $\overline{Q}$ als tweedeler reageert.

Bij J = 0 of K = 0 te controleren of het delen stopt.

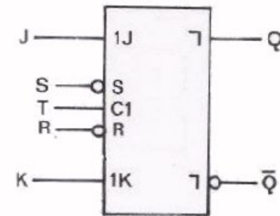
- Op het IC N 7476 zijn ook een S en een R ingang aanwezig.
  De juiste werking van deze ingangen is te controleren door na te gaan of een "0" op deze ingangen de juiste uitgangstoestand veroorzaakt, onafhankelijk van T.

- Bij S = 0 wordt Q = | 1 / 0 |

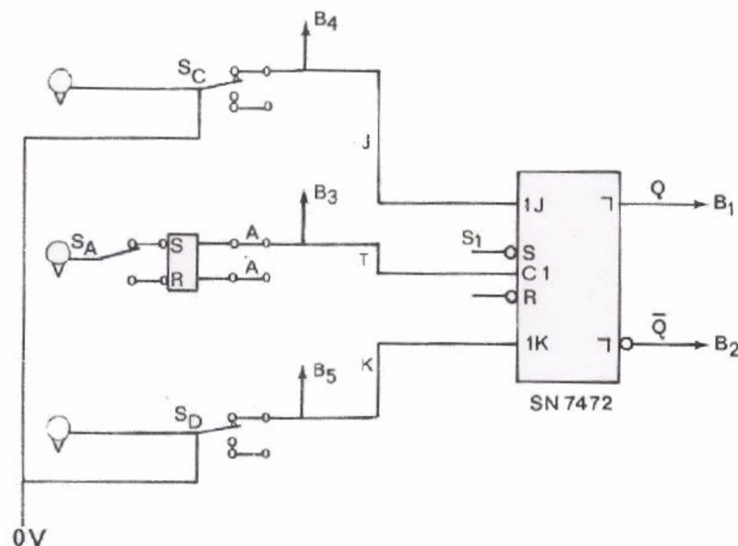
- Bij R = 0 wordt Q = | 1 / 0 |

OPDRACHT: METEN AAN DE JK-FLIP FLOP N 7476

- Plaats de schakelaar-, de voedings-, de 5 LED- en één JK-flip flop-modul op het paneel.
- Hiernaast is het schema-symbool gegeven met daarin de genormaliseerde letter-aanduidingen voor de in- en uitgangen van de JK-flip flop.



- Controleer of alle modullen goed werken alvorens verdere metingen uit te voeren.
- Bouw onderstaande schakeling op het paneel.
- Gebruik de schakelaars S_1, S_2 en S_3 met de daarbij gegeven antidender-schakeling voor het toevoeren van de signalen aan de JK-flip flop.
- Gebruik de schakelaar S_A met de ingebouwde antidender schakeling en de schakelaars S_C en S_D voor het toevoeren van de signalen aan de JK-flip flop.
- Gebruik de JK-flip flop aangegeven met het cijfer 1 (1J, 1K, 1R, 1S, 1Q en $1\bar{Q}$).



- Maak even A = 0 (S_A omlaag), zodat Q = 1 en $\bar{Q}$ = 0 ontstaat (de master en de slave worden geset).
  Zwevende J en K ingangen zijn 1.

- Voer achtereenvolgens de in de volgordetabel vermelde waarden van J, K en T toe aan de JK-flip flop.
- Noteer de daarbij optredende waarden van Q en $\overline{Q}$.

J	K	T	Q	$\overline{Q}$
0	1	0		
0	1	1		
0	0	0		
0	0	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		
1	1	0		
1	1	1		

- Breek de schakeling nog niet af.

- Laat alle ingangen van de N 7476 zweven.
- Voer de blokspanning van 1 Hz van de generatormodul toe aan 1T en tevens aan B1 van de LED-indicator.
- Voer de uitgang Q toe aan B2.
- Teken in de grafiek het verloop van de spanning op Q.

T
1
0
t
Q
1
0
t

- Verwijder de verbinding met B1 en B2.
- Voer nu de blokspanning van 10 kHz van de blokgenerator toe aan T.
- Sluit de T-ingang en de Q-uitgang aan op een dubbelstraaloscilloscoop.

- De frequenties van het ingangssignaal op T = ☐
- De frequentie van het uitgangssignaal op Q = ☐
- De frequentie van signaal Q wordt gedeeld door ☐
- u_Q verandert op de **voor / achter** flank van u_T.

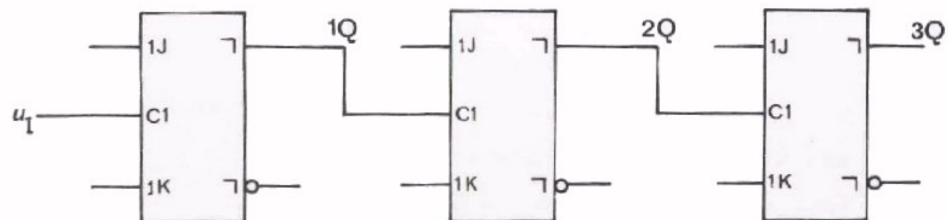
- Een master-slave JK-flip flop is als tweedeler te gebruiken door een signaal toe te voeren aan ☐ en af te nemen van ☐

De J- en K-ingangen moeten dan ☐ zijn.

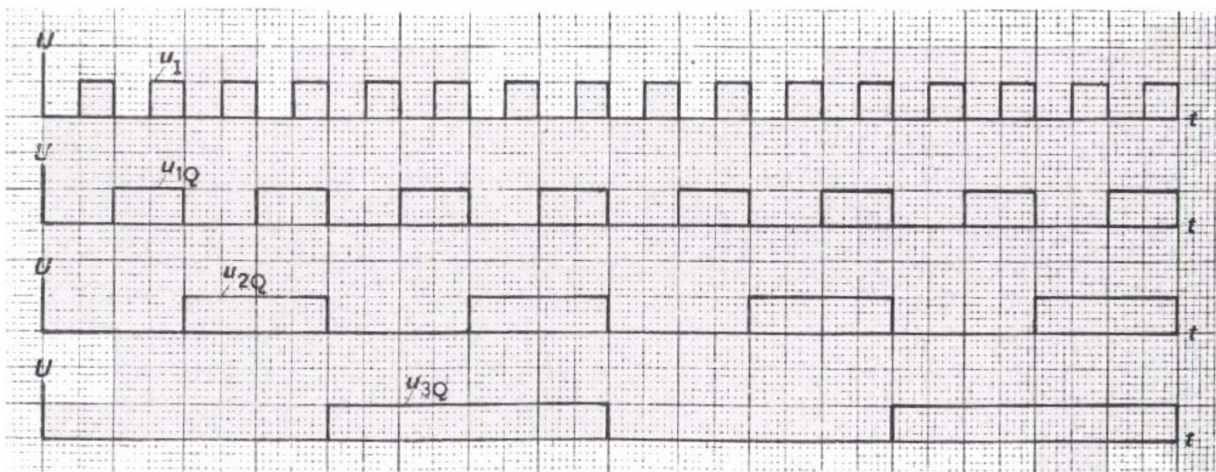
- U kunt dezelfde metingen uitvoeren met de tweede JK-flip flop (2J, 2K, 2R, 2S, 2Q en $2\overline{Q}$).

DE JK-FLIP FLOP ALS BINAIRE TELLER

In de opdracht van voorgaand blad hebben we gezien dat de JK-flip flop als deler te gebruiken is.
Wanneer we een aantal JK-flip flop's, die als deler gebruikt worden, achter elkaar zetten dan vormen deze JK-flip flop's een teller.
De J- en K-ingangen worden niet gebruikt; de ingangen zweven zodat continu J = 1 en K = 1 is.
De blokspanning die gedeeld moet worden voeren we aan de 1e klokingang toe.



In dit schema zijn drie master-slave JK-flip flop's achter elkaar geschakeld.
Elke JK-flip flop geeft een uitgangssignaal waarvan de frequentie de helft is van de frequentie van zijn ingangssignaal.



OEFENING

We bekijken de grafiek van voorgaand blad.
We stellen dat op t = 0 alle uitgangen 1Q, 2Q,en 3Q "0" zijn.
Beantwoord nu de volgende vragen en vul dit antwoord in de tabel in, let daarbij op dat 1Q achteraan staat en 3Q vooraan.

	3Q	2Q	1Q	
- Voor het einde van de 1e periode van u_I geldt				
- Na de eerste periode van u_I geldt				
- Na de tweede periode geldt				
- Na de derde periode geldt				
- Na de vierde periode				
- Na de vijfde periode				
- Na de zesde periode				
- Na de zevende periode				
- Na de achtste periode				
- Na de negende periode				

- Vul in de laatste kolom de decimale cijfers in die bij de binaire getallen behoren, die door 3Q, 2Q en 1Q worden gevormd.

Als de tabel juist is ingevuld, staan in de tabel de decimale cijfers 0 t/m 7 binair opgeschreven.

Door de uitgangen van de JK-flip flop's aan een uitleesschakeling toe te voeren ontstaat een *binaire teller*.

Na het tellen van 0 t/m 7 begint het tellen opnieuw.

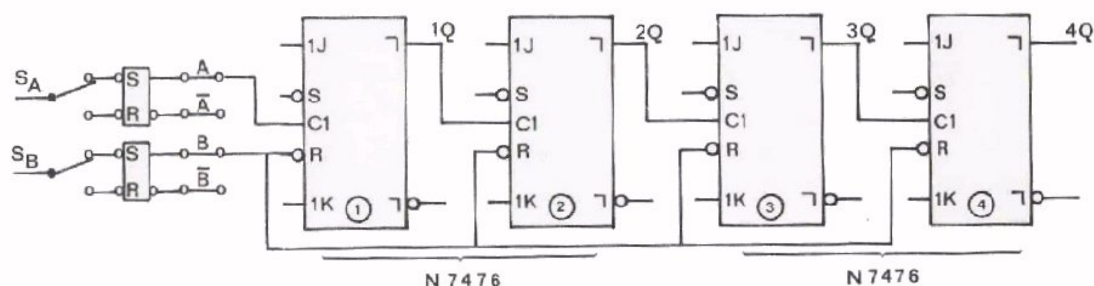
CONCLUSIE

Als één JK-flip flop gebruikt wordt ontstaat op de uitgang een spanning met een frequentie die de helft is van de klokimpuls. Dit noemen we dan een "tweedeler". Met twee JK-flip flop's ontstaat een spanning op de uitgang die t.o.v. de klokimpuls een vier maal zo lage frequentie heeft. Dit noemen we een "vierdeler". Met drie JK-flip flop's ontstaat een spanning op de uitgang die t.o.v. de klokimpuls een acht maal zo lage frequentie heeft. Dit noemen we een "achtdeler".

Met één JK-flip flop kunnen we tellen tot 2	0-1
Met twee JK-flip flop's kunnen we tellen tot 4	0-1-2-3
Met drie JK-flip flop's kunnen we tellen tot 8	0-1-2-3-4-5-6-7

OPDRACHT: METEN AAN EEN TELLER MET JK-FLIP FLOP's

Hieronder is een telschakeling met vier JK-flip flop's getekend.



Deze schakeling gaan we praktisch uitproberen. We hebben de Reset-ingangen doorverbonden, zodat we de uitgangen 1Q, 2Q, 3Q en 4Q in de "0"-toestand kunnen brengen, door even een "0" op de Reset-ingang te zetten.

- Bouw de schakeling op het paneel. Gebruik de dendervrije schakelaars S_A en S_B op de schakelaar-modul.
- Maak ook gebruik van de 5 LED-indicator en:
  Voer 1Q toe aan B1.
  Voer 2Q toe aan B2.
  Voer 3Q toe aan B3.
  Voer 4Q toe aan B4.
- Geef een reset-signaal door S_B even omlaag te schakelen. Controleer of alle lampjes uit zijn.
- Controleer of het aantal impulsen dat we met S_A geven binair uit te lezen is met de vier lampjes.
- Tot en met welk decimaal getal kunnen we met deze schakeling tellen?

  tot en met [ ]

- Bij n achter elkaar geplaatste flip-flop's kunnen we tellen

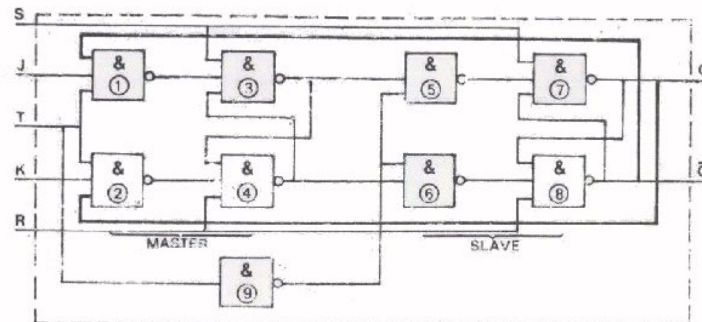
  tot en met [ ]

- We willen tenslotte controleren of de anti-denderschakeling nodig is. Verbind de T-ingang van de eerste JK-flip flop rechtstreeks met de schakelaar en voer afwisselend 0 en 1 toe. Gebruik hiervoor de niet dendervrije schakelaars S_C en S_D op de schakelaar-modul. De schakeling telt nu

nog hetzelfde / met sprongen

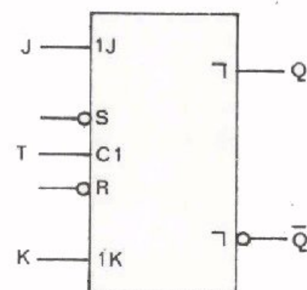
SAMENVATTING

- Eigenschappen van een uit NAND's samengestelde *master-slave JK-flip flop*, zoals die hier getekend is, zijn:

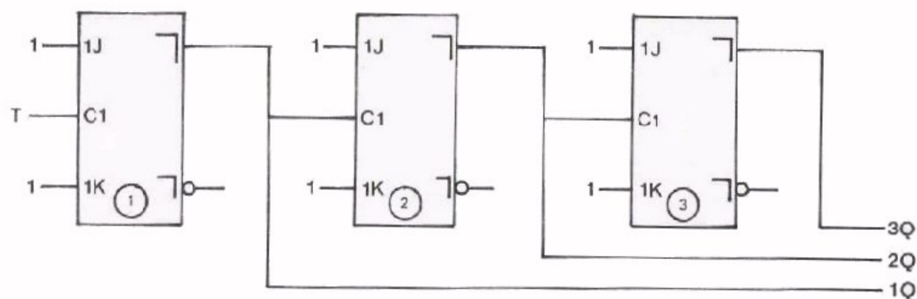


- zwevende ingangen verkeren in toestand "1".
- de flip flop bestaat uit twee achter elkaar geschakelde SR-flip flop's, de master en de slave.
- de master geeft zijn ingangstoestanden door naar de ingang van de slave op de *voor*flank van de klokimpuls, de slave is dan geblokkeerd.
- de slave kan zijn ingangstoestanden doorgeven naar de uitgang op de *achter*flank van de klokimpuls, dan is de master geblokkeerd.
- de uitgangen kunnen nooit in dezelfde toestand verkeren, steeds is Q tegengesteld aan $\overline{Q}$.
- aparte S en R ingangen.
  S = 0, dan wordt de flip flop geSet - Q = 1
  R = 0, dan wordt de flip flop geReset - Q = 0.
- als SR-flip flop te gebruiken, door S en R als ingangen te gebruiken. T-, J- en K-ingangen moeten "1" zijn.

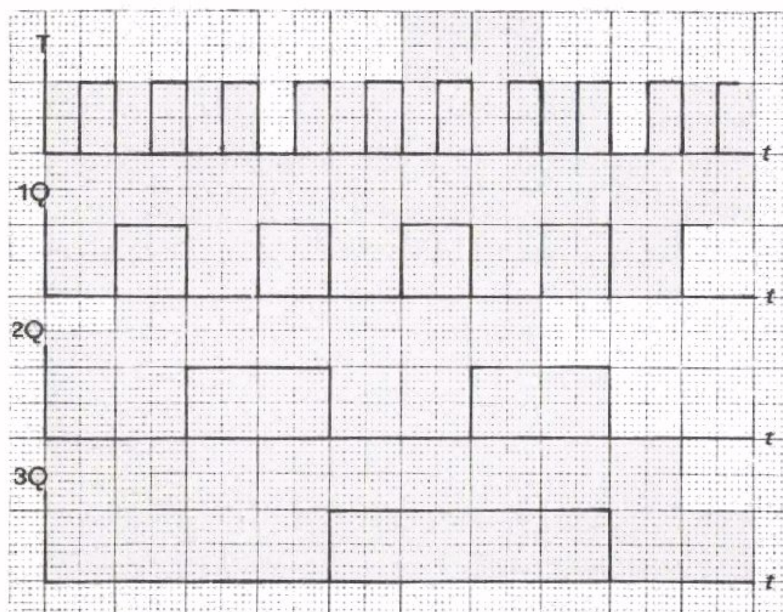
- Symbool van een master-slave JK-flip flop met een J-ingang, een K-ingang, een S-ingang en een R-ingang,
  Bij S = 0 wordt Q = 1
  Bij R = 0 wordt Q = 0



Toepassingen van een *master-slave JK-flip flop* als *teller*.



Tijd-volgorde diagrammen



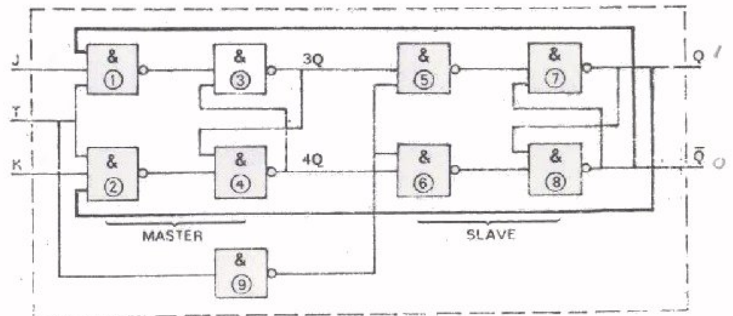
Volgorde tabel

T	3Q	2Q	1Q
0	0	0	0
1	0	0	0
0	0	0	1
1	0	0	1
0	0	1	0
1	0	1	0
0	0	1	1
1	0	1	1
0	1	0	0
1	1	0	0
0	1	0	1
1	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0
0	1	1	1
1	1	1	1
0	0	0	0

NAAM: KLAS:

OEFENINGEN

1. Het schema van de master-slave JK-flip flop is hier nog eens gegeven.
   Maak de tijd-volgorde diagrammen af.
   Begin bij Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0.



T

J

K

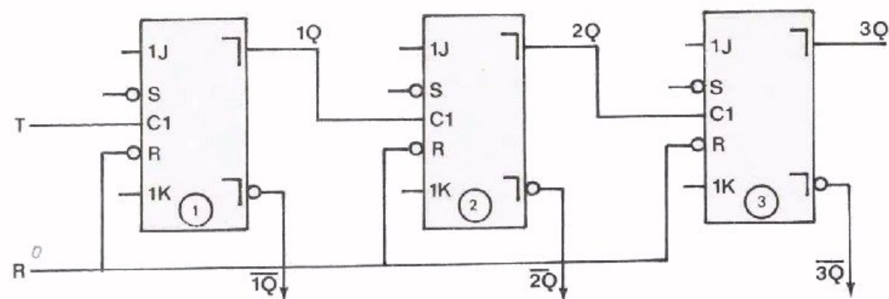
3Q

4Q

Q

$\overline{Q}$

2.

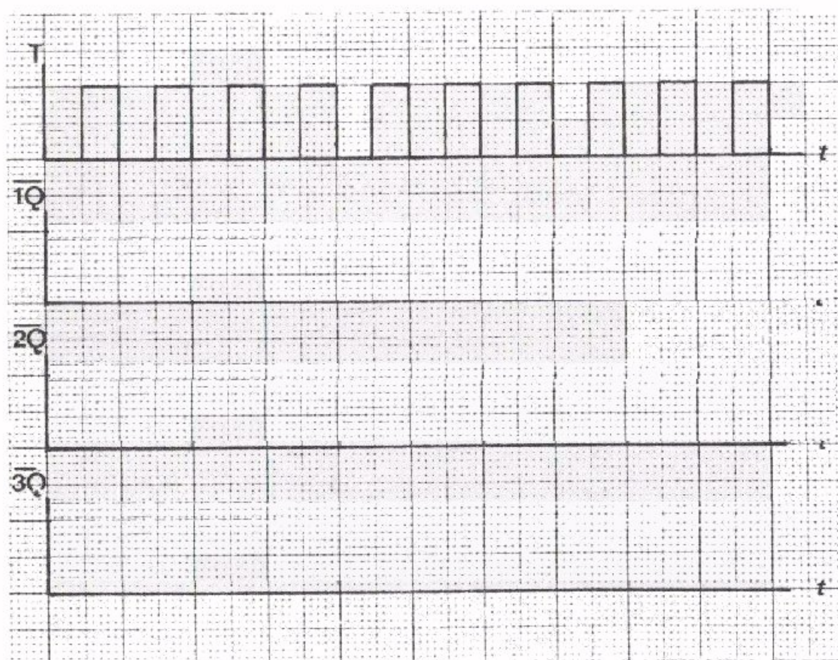


Van bovenstaande teller worden de uitgangen $\overline{1Q}$, $\overline{2Q}$ en $\overline{3Q}$ gebruikt.

Op tijdstip t = 0 wordt even aan R een "0" toegevoerd.

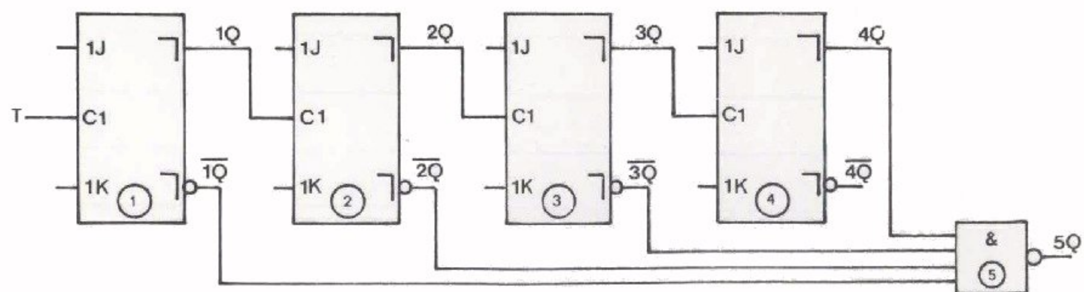
Teken de tijd-volgordediagrammen.

Vul de volgorde tabel in en geef naast het binaire getal het decimale cijfer dat daarbij hoort.



$\overline{3Q}$	$\overline{2Q}$	$\overline{1Q}$		

3.



Bij welke stand van de teller, wordt de uitgang 5Q = 0.

4Q	3Q	2Q	1Q

D 22

D E C O D E E R S C H A K E L I N G E N

INLEIDING

In de lessen D20 en D21 hebben we de master-slave JK-flip flop behandeld. Met deze flip-flop's hebben we frequentiedelers gemaakt. In een proef hebben we vier master-slave JK-flip flop's achter elkaar geschakeld. De uitgangen werden verbonden met uitleesschakelingen. Hierdoor was het mogelijk om de toegevoerde impulsen binair te tellen.
We geven nogmaals het symbool van een master-slave JK-flip flop en de bijbehorende volgordetabel.

J	K	T	Q	$\overline{Q}$	
0	1	1			
0	1	0	0	1	Q en $\overline{Q}$ volgden JK-toestanden
1	0	1	0	1	
1	0	0	1	0	
1	1	1	1	0	Q en $\overline{Q}$ veranderen als T van 1 naar 0 gaat
1	1	0	0	1	
1	1	1	0	1	
1	1	0	1	0	
0	0	1	1	0	onthouden
0	0	0	1	0	

In deze les bespreken we ook hoe we het resultaat van het tellen in het binaire stelsel kunnen decoderen naar het decimale stelsel. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de reeds besproken BCD-code.
Decoderen naar het decimale stelsel is gebruikelijk omdat wij met het decimale stelsel werken.

We behandelen de cijferindicatorbuisje, het 7-segment display en het 13-segment display met hun decodeerschakelingen.

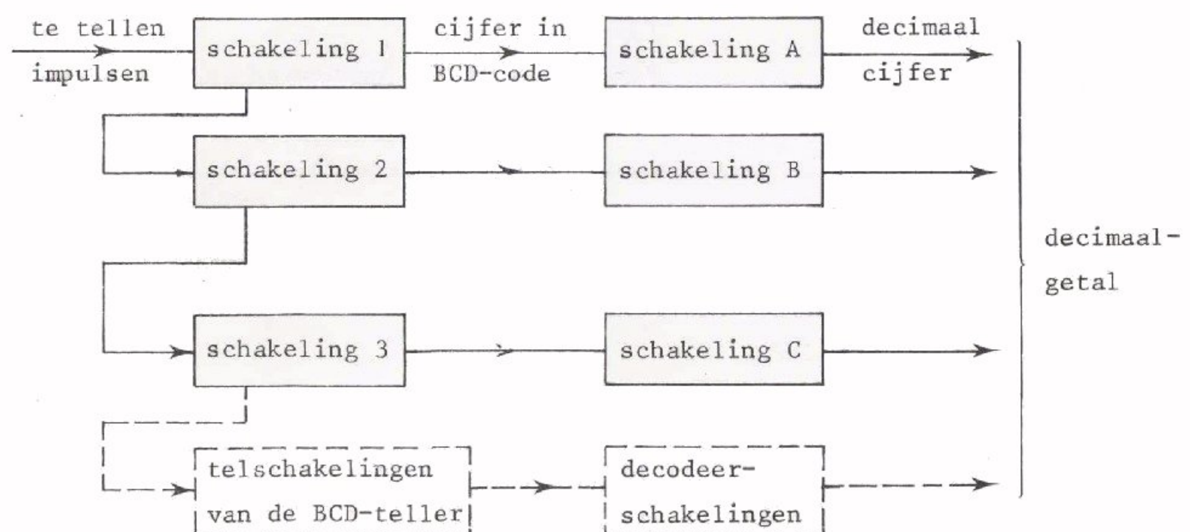
Ook de duimwielschakelaars komen in deze les aan de orde.
Het zijn instelschakelaars om binaire informatie van meerdere bits te krijgen of om twee binaire gegevens met elkaar te vergelijken.

DECODEREN

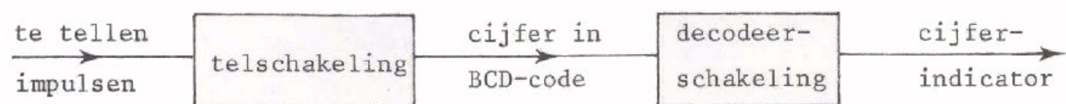
In les D21 hebben we een teller met vier master-slave JK-flip flop's gebouwd. Daarmee kan men binair tellen tot $2^4 = 16$, dus tot en met 15. Door deze teller uit te breiden met meer JK-flip flop's kan men binair verder tellen.
Wordt de teller uit 10 JK-flip flop's samengesteld, dan telt men tot

2^{10} = | /2 = | /10 |
|---|---|

Binair tellen is niet gemakkelijk omdat we gewend zijn decimaal te tellen. Een groot getal, binair geschreven, is niet makkelijk te lezen. Hetzelfde getal, decimaal geschreven, is daarentegen wel gemakkelijk te lezen. We zien dit bij het hierboven gegeven voorbeeld voor 2^{10}.
Daarom zorgen we ervoor dat een teller het getal uiteindelijk decimaal weergeeft. Dit kan bijvoorbeeld met een cijferindicatorbuis, een 7-segment- of een 13-segmentuitlezing.
Dikwijls laat men de teller niet binair tellen, maar in BCD-code.
Het in BCD-code beschikbaar gekomen getal wordt dan aan *decodeerschakelingen* toegevoerd. Deze schakelingen zetten het binaire getal dan om in een decimaal getal. Dit decimale getal kan bijvoorbeeld met cijferindicators weergegeven worden. Hieronder is schematisch weergegeven een teller in BCD-code en zijn decodeerschakelingen.



Elke telschakeling is samengesteld uit vier JK-flip flop's. Hiermede telt men van 0 t/m 9.
Telschakeling 1 dient voor de eenheden, schakeling 2 dient voor de tientallen, schakeling 3 dient voor de honderdtallen, enz.
Elke telschakeling wordt gevolgd door een decodeerschakeling en een uitlezing (cijferindicator).
De indicator van schakeling A geeft de eenheden decimaal weer, de indicator van schakeling B geeft de tientallen decimaal weer, die van C de honderdtallen, enz.
Op volgende bladen leggen we uit wat één telschakeling en de bijbehorende decodeerschakeling doen.



EEN DECADE-TELLER

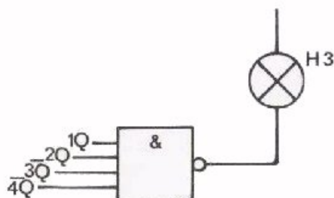
Een *telschakeling* die geschikt is voor de BCD-code moet van 0 tot en met 9 tellen. Deze schakeling moet tien toestanden kunnen weergeven. Hiervoor zijn dan tenminste vier JK-flip flop's nodig. Deze vier JK-flip flop's hebben zestien mogelijke uitgangstoestanden. Hier worden de eerste tien toestanden gebruikt om uit te lezen.
Deze vier JK-flip flop's moeten wel op een speciale manier geschakeld worden omdat we maar tien toestanden nodig hebben in plaats van zestien.
Dit zullen we in een volgende les bespreken.
De telschakeling heeft de uitgangen 1Q, 2Q, 3Q en 4Q.

4Q	3Q	2Q	1Q	decimaal cijfer
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

In de hier gegeven tabel is weergegeven welke van de zestien mogelijke uitgangstoestanden we in ons voorbeeld kiezen om de verschillende decimale cijfers (0 t/m 9) weer te geven. We kiezen voor de BCD-code de eerste tien toestanden van het binaire stelsel.
Opmerking:
Men kiest ook wel andere toestanden.

EEN DECODEERSCHAKELING

Om elk van de decimale cijfers 0 t/m 9 aan te geven, bestaat de decodeerschakeling bijvoorbeeld uit tien lampjes.
Het decoderen is nu gemakkelijk uit te voeren door elk lampje te sturen met een NAND die vier ingangen heeft.
Verder moet niet alléén 1Q, 2Q, 3Q en 4Q beschikbaar zijn, maar óók $\overline{1Q}$, $\overline{2Q}$, $\overline{3Q}$ en $\overline{4Q}$.
Zijn aan de teller 3 impulsen toegevoerd, dan is volgens de tabel 1Q = 1, 2Q = 1, 3Q = 0 en 4Q = 0. Om het lampje te laten branden, dat bij dit cijfer 3 behoort, moeten alle ingangen van de NAND "1" zijn. We moeten daarom toevoeren 1Q = 1, 2Q = 1, $\overline{3Q}$ = 1 en $\overline{4Q}$ = 1.



Op overeenkomstige wijze kunnen vóor de andere lampjes de bijbehorende signalen gekozen worden.
De telschakeling voor de BCD-code noemt men wel een *decade-teller*. Hierin betekent "decade" tien.

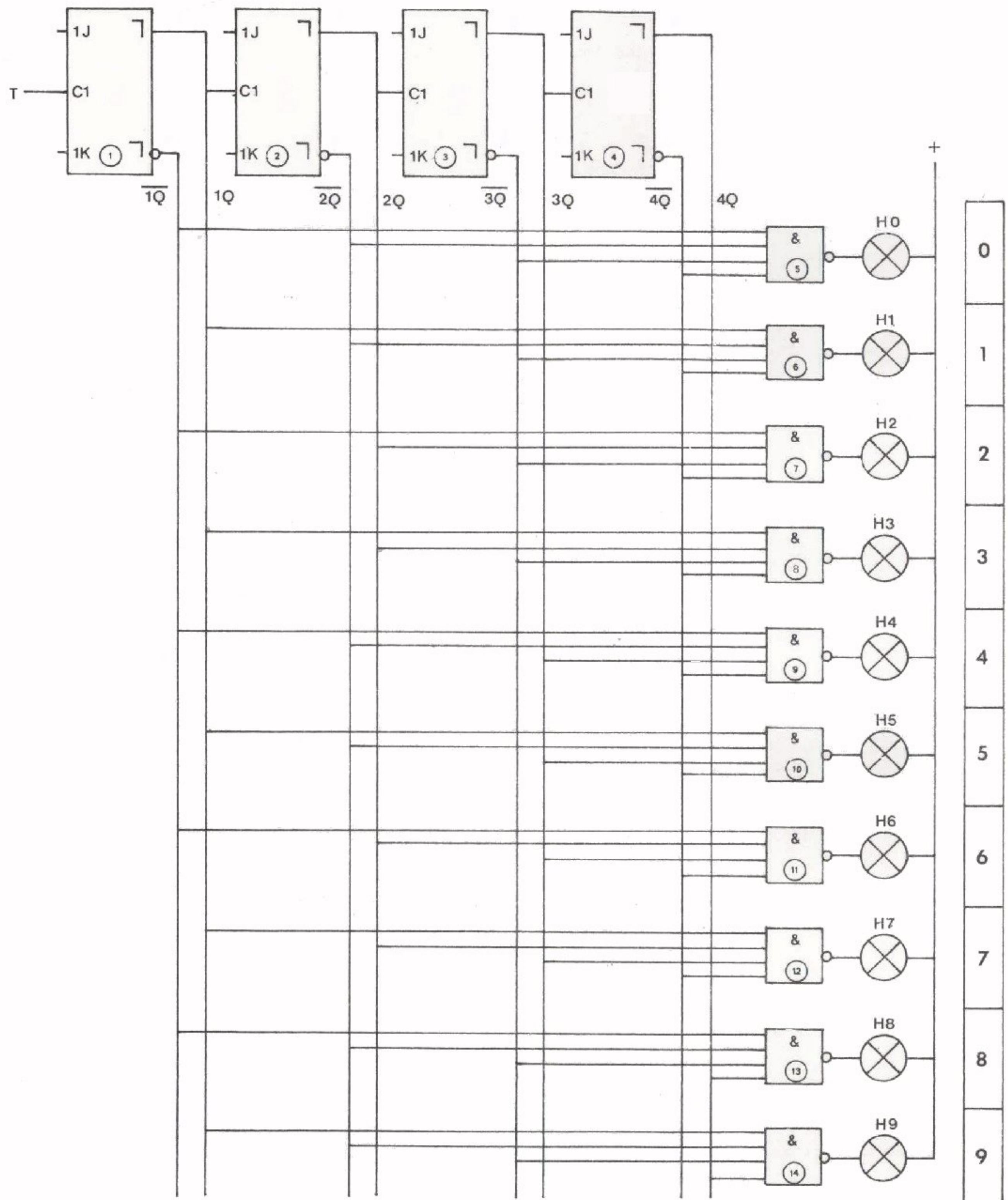
OEFENING

Aan de NAND van H_6 moet men toevoeren

Aan de NAND van H_0 is dit:

Bij een teller met JK-flip flop's is bij elke uitgang Q tevens een uitgang $\overline{Q}$ aanwezig. De besproken decodeerschakeling is daarom eenvoudig te realiseren. Op volgend blad is deze volledig getekend. De toestand-keuze 0 t/m 9 volgens de tabel op dit blad is daarbij aangehouden.

REALISATIE VAN EEN DECODEERSCHAKELING



In dit geval is gebruik gemaakt van 10 verschillende lampjes om de uitgangstoestand van de binaire teller in decimale code uit te lezen.
In de praktijk gebruikt men een cijferindicator.
In een opdracht gebruiken we straks een 13-segment uitlezing.

OEFENING

Beantwoord de volgende vragen aan de hand van de decodeerschakeling op blad 5.

Lampje H_0 brandt als aan NAND ⑤

wordt toegevoerd:

Lampje H_1 brandt als aan NAND ⑥

wordt toegevoerd:

Voor H_2 is dit:

Voor H_3 is dit:

Voor H_4 is dit:

Voor H_5:

Voor H_6:

Voor H_7:

Voor H_8:

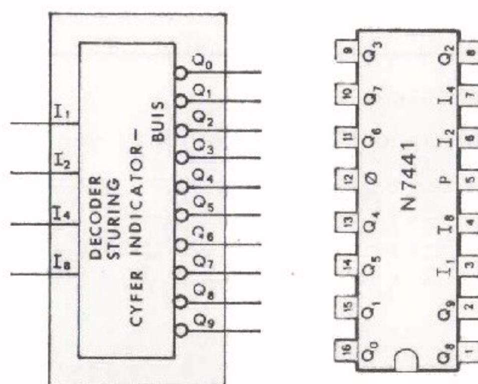
Voor H_9:

De binaire getallen die overeenkomen met de decimale getallen 0 t/m 9 zijn voor de decodering gebruikt.
De binaire getallen die overeenkomen met de decimale getallen 10 t/m 15 worden niet gedecodeerd en uitgelezen.
Wordt een dergelijke teller gebruikt, om verder te tellen dan hier beschreven is, dan moet bij de tiende ingangsimpuls een reset-signaal gegeven worden waardoor de teller opnieuw begint en de begintoestand "0000" inneemt.

In de volgende les gaan we een BCD-teller bespreken en eraan meten.

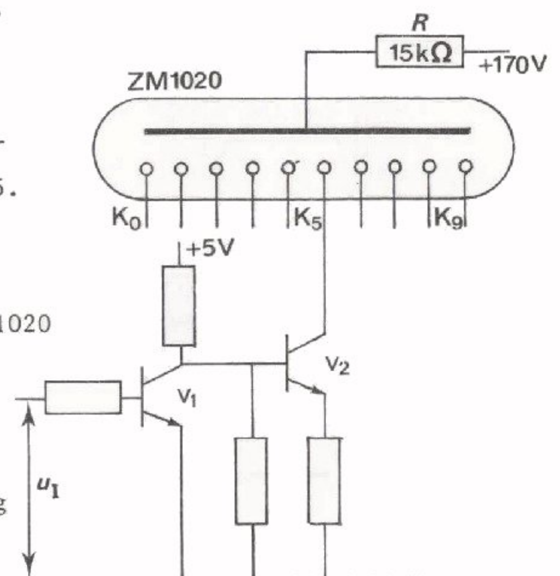
DE DECODER N 7441

De besproken decodeerschakeling kunnen we niet op het paneel bouwen omdat er teveel onderdelen nodig zijn.
Er zijn tien NAND's nodig, ieder met vier ingangen. Er zijn geen NAND's met vier ingangen beschikbaar. Verder zijn er tien lampjes en minstens veertig snoertjes nodig. Hierdoor wordt de schakeling nogal ingewikkeld als we deze willen opbouwen. In de praktijk wordt een dergelijke schakeling nooit uit afzonderlijke componenten opgebouwd. Er zijn daarvoor IC's ontwikkeld waarin de hele decodeerschakeling is opgenomen. Een dergelijke IC is de N 7441. Dit IC stuurt een cijferindicatorbuis, in plaats van tien afzonderlijke lampjes.



De index 1, 2, 4 of 8 bij de I-ingangen geeft het gewicht van het bijbehorend bit: 2^0, 2^1, 2^2 of 2^3.
Bij deze decodeerschakeling behoeven we alléén het binaire getal toe te voeren. Is nu bijvoorbeeld:
$I_1 = 1$, $I_2 = 0$, $I_4 = 1$ en $I_8 = 0$, dan is daardoor de uitgang 5Q = 0 en zijn alle andere uitgangen "1".

Het resultaat van het decoderen kan zichtbaar gemaakt worden met een cijferindicatorbuis, b.v. ZM 1020. Deze buis, die uit een aantal gasgevulde dioden bestaat, is in les B305 besproken.
Een gedeelte van de schakeling, dat zich in het IC bevindt om de cijferindicatorbuis te sturen en de buis zelf zijn hiernaast getekend voor het decimale cijfer 5.

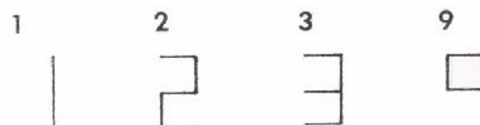


Als $u_I = 0$ V, dan geleidt V_1 niet en V_2 wel. Hierdoor komt de kathode van de ZM 1020 ongeveer op 0 V en kan er stroom vloeien vanaf + 170 V, $R = 15$ kΩ, anode-kathode 5, en transistor V_2.
De buis licht bij K5 op door gasontlading en het cijfer 5 wordt zichtbaar.

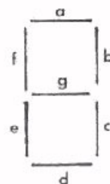
ZEVEN SEGMENT UITLEZING

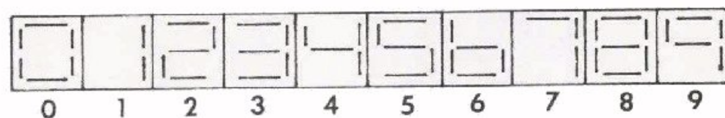
Op de vorige bladen is de omzetting besproken van een binair getal in het daarbij behorende decimale cijfer. Hierbij werd als uitlezing een cijfer-indicatorbuis toegepast.
Een andere mogelijkheid van uitlezing wordt verkregen met de z.g.n. "7-segment display", waarbij als uitlezing zeven afzonderlijke segmenten gebruikt worden. Het gebruik van het "7-segment display" (display-uitbeelding) berust op een sterke vereenvoudiging van de cijfervormen.
Het cijfer wordt samengesteld uit rechte deelstukjes, segmenten genaamd.

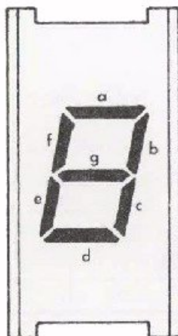
Voorbeeld:

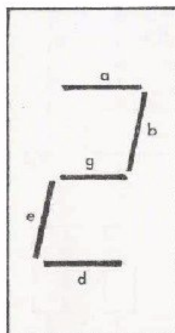


Voor het cijfer 1 zijn twee segmenten nodig, voor het cijfer 2 vijf segmenten, voor het cijfer 9 vijf segmenten.
Met maximaal zeven segmenten is het mogelijk alle cijfers van 0 t/m 9 weer te geven.







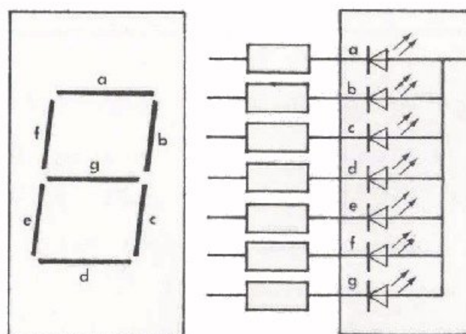


Ieder segment duiden we aan met een letter a t/m g en deze zijn gerangschikt zoals hiernaast is weergegeven.
Hiernaast een voorbeeld van een zogenaamde zeven segment weergave van het cijfer 8.
Om het cijfer 2 zichtbaar te maken moeten de segmenten a, b, g en d gebruikt worden. Met zeven langwerpige lampjes of met zeven "licht emitterende dioden" of met "vloeibare kristallen" zijn deze zeven segment-voorstellingen te realiseren.

- Een "licht emitterende diode" is een diode samengesteld uit een bepaald halfgeleidermateriaal dat oplicht als een stroom van ≈ 10 mA in doorlaatrichting door de diode gestuurd wordt.

- Een "vloeibaar kristal" bestaat uit een vloeistof waarvan de moleculen op een andere manier naast elkaar komen te liggen indien op twee geleidende plaatjes, waartussen de vloeistof zich bevindt, een spanning wordt aangesloten. Doordat een lichtstraal hiervan hinder ondervindt, kan met behulp van zo'n vloeistof en segmentvormige elektroden, een cijfer zichtbaar gemaakt worden.

- Op een van de modullen bevindt zich een 13-segment uitlezing, die is samengesteld uit lichtemitterende dioden (LED's). Deze uitlezing is tevens voorzien van een decodeerschakeling. Hierop komen we in deze les nog terug.
  De LED's van de 7-segment uitlezing zijn met de anoden aan elkaar verbonden.



De kathoden worden via weerstanden verbonden met een decoder.
Een LED licht op, als de betreffende weerstand met "0" verbonden wordt.
Met behulp van een functietabel kunnen we bekijken welke punten met "0" verbonden moeten zijn om een bepaald cijfer te verkrijgen.

decimale cijfer	binaire				7 segment uitlezing						
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0

Met behulp van bovenstaande functietabel bekijken we het segment "d".

Segment "d" licht op bij de cijfers 0, 2, 3, 5, 6 en 8.

Segment "d" licht *niet* op bij de decimale cijfers [   ]

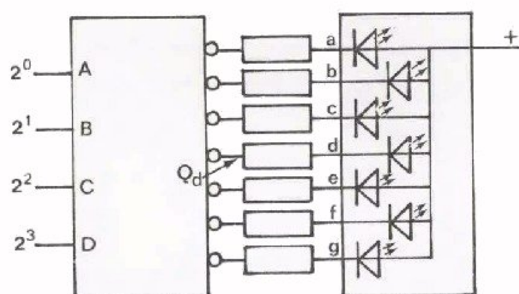
De aansluiting bij de weerstand van segment "d" moet dan [0 / 1] zijn.

Om een binair getal om te zetten in een decimaal cijfer, uitgebeeld door een "7 segment display", wordt een speciale decoder toegepast.

Hieronder gaan we deze decodeerschakeling bespreken, zoals die in het IC (N 7447) is gerealiseerd.

DE DECODER N7447

Om met behulp van een "7 segment display" de cijfers 0 t/m 9 zichtbaar te maken wordt dit display via weerstanden verbonden met de decoder N 7447.

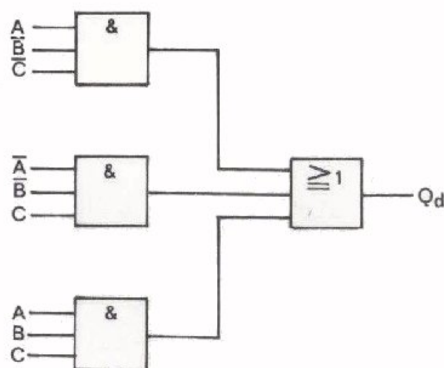


Bij het uitlezen van het "7 segment display" blijkt, dat ieder segment bij de verschillende cijfers meerdere malen gebruikt moet worden. Segment "d" bijvoorbeeld wordt gebruikt bij de cijfers 0, 2, 3, 5, 6 en 8 en dus *niet* gebruikt bij de cijfers 1, 4, 7 en 9.

Dit betekent dat de uitgang 0_d van de decoder bij de cijfers 1, 4, 7 en 9 "1" moet zijn. In alle andere gevallen is de uitgang "0", en licht het betreffende segment op.

Ieder segment moet door de decoder door een afzonderlijke schakeling gestuurd worden. De decoder bevat dan ook een erg ingewikkelde schakeling.

Als voorbeeld nemen we het segment "d". De daarbij behorende schakeling is hieronder getekend.



Q_d is de uitgang van de decoder waarmede het segment d verbonden moet worden.

De uitgang Q_d = 1 als:

$A.\bar{B}.\bar{C} = 1$ dit is bij het decimale cijfer [ ]

of

$\bar{A}.\bar{B}.C = 1$ dit is bij het decimale cijfer [ ]

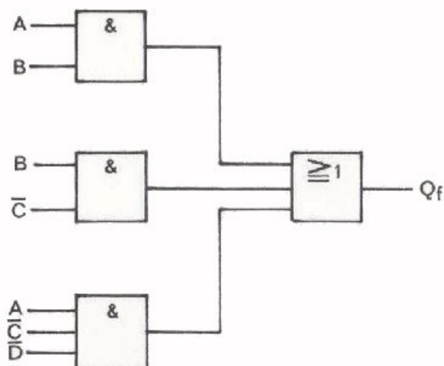
of

$A.B.C = 1$ dit is bij het decimale cijfer [ ]

Het segment "d" licht dus *niet* op bij de cijfers [ ]

Dit stemt [wel/niet] overeen met de gegevens in de functietabel van blad 9.

Voor de uitgang "Q_f" geldt onderstaande schakeling.



Vul voor Q_f = 1 zelf de algebraïsche formule in.

[ ] + [ ] + [ ]

Het segment f licht dus *niet* op bij de cijfers [ ]

HEXADECIMAAL DISPLAY MET LOGICA-SCHAKELINGEN

INLEIDING

Op blad 8 t/m 11 hebben we behandeld het 7-segment display en de decoder N 7447.

De vorm van de cijfers 0 t/m 9 worden bij dit display benaderd met 7-segmenten in de vorm van lijnstukjes, die al of niet oplichten. Deze benadering is voldoende voor het vormen van decimale cijfersymbolen. In de lessen over de talstelsels hebben we gezien dat we voor het 16-tallige stelsel 16 cijfersymbolen nodig hebben.

Deze symbolen zijn 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

De letters A, B, C, D, E en F stellen respectievelijk voor de aantallen 10, 11, 12, 13, 14 en 15.

Het benaderen van de lettervormen met behulp van 7 rechte segmenten schept verwarring met de cijfervormen en omgekeerd. Ga dit voor uzelf na voor de letter B en het cijfer 8.

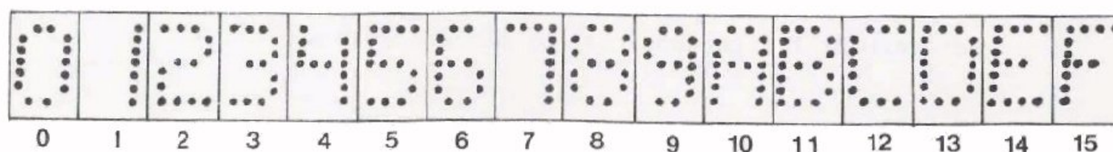
Een betere benadering van de vorm van de cijfers en de letters verkrijgen we als puntvormige lichtgevende dioden in een 4 bij 7 rooster worden aangebracht in een plat vlak.

Dit rooster is hiernaast met cirkeltjes weergegeven. Met dit rooster kunnen de vormen van de cijfers en de meeste letters beter worden benaderd. Het aantal dioden dat nu door de decoder gestuurd moet worden, bedraagt 28.

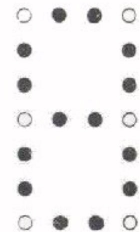
Een decoder voor een dergelijk display heeft dus 28 uitgangen en bevat dus een gecompliceerde schakeling.



Hieronder zijn de cijfersymbolen van het hexadecimale of zestien-tallige stelsel weergegeven. De punten waaruit de symbolen zijn opgebouwd, stellen de lichtgevende dioden voor uit het 4 bij 7 rooster.



We zien uit de vorm van deze symbolen dat de met een cirkel omgeven dioden in het 4 bij 7 rooster niet gebruikt worden. Het rooster kan dus vereenvoudigd worden tot het hiernaast getekende rooster.

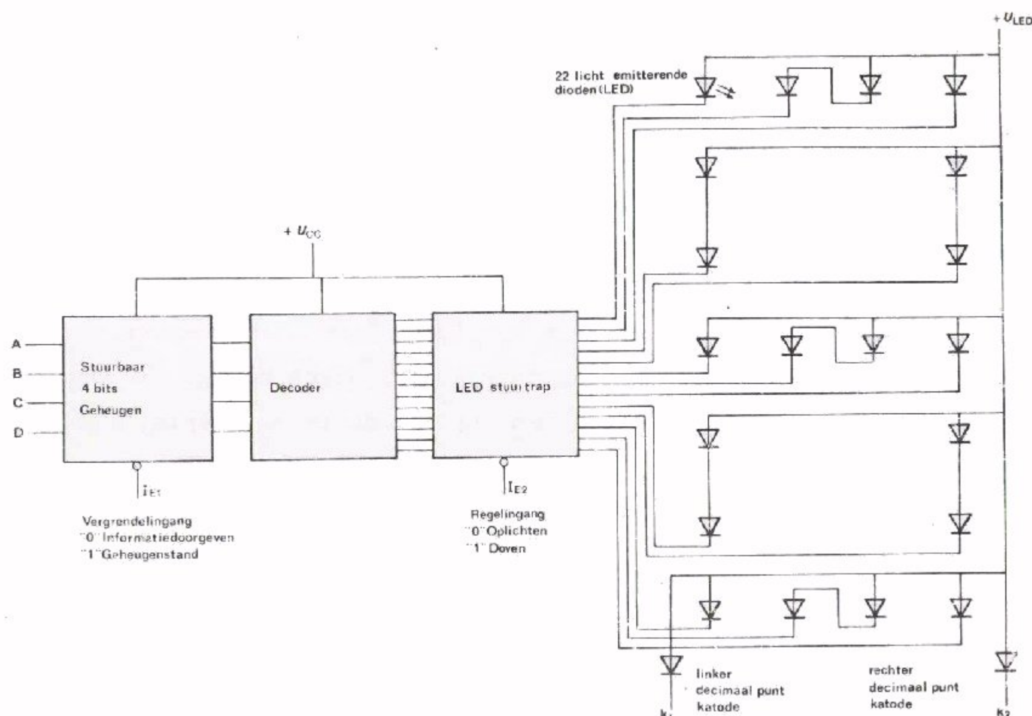


In het vereenvoudigde rooster houden we nog 20 dioden (LED's) over. Zeven paren dioden zijn in dit rooster zwart gemaakt. Kijken we naar de cijfers en de letters dan zien we dat deze paren steeds samen in een symbool voorkomen en dus tegelijkertijd moeten oplichten. Door deze dioden per paar in serie te schakelen kunnen we de 20 dioden van het rooster verdelen in 6 afzonderlijke dioden en 7 paren dioden. In totaal dus 7 + 6 = 13 groepen of segmenten. De decoder voor dit display heeft nu nog maar 13 uitgangen nodig. Hierop komen we bij de nu volgende behandeling van het hexadecimaal display terug.

OPBOUW EN WERKING VAN HET HEXADECIMAAL DISPLAY

Met dit display kan een 4 bits binaire teller hexadecimaal (16-tallig) worden uitgelezen.

Het display is opgebouwd uit:

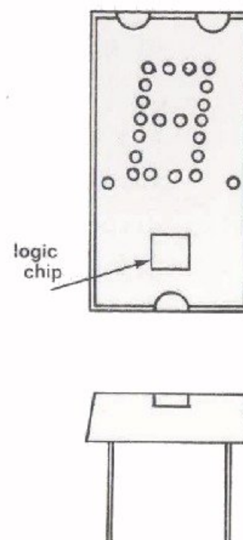


- een 13-segment LED-uitlezing voor het vormen van de hexadecimale cijfers,
- twee extern te sturen LED's voor het plaatsen van een decimaalteken (komma) in een getal,
- een LED stuurtrap met regelingang I_{E2} voor het oplichten of doven van de LED's,
- een decoder,
- een stuurbaar 4 bits geheugen met vergrendelingang I_{E1}.

Het display en de TTL logicaschakelingen zijn ondergebracht in een 14-pens blokje, dat gemaakt is van een rode kunststof, die doorzichtig en elektrisch isolerend is.

DE 13-SEGMENT UITLEZING EN DE LED-STUURTRAP

Voor het vormen van de hexadecimale cijfers zijn 20 LED's in een 4 bij 7 rooster aangebracht. In dit rooster zijn 2 x 4 plaatsen opengelaten. De LED's zijn gerangschikt zoals in nevenstaand bovenaanzicht van het IC-blokje is weergegeven. In het blokschema hierboven zien we dat 7 paar dioden in serie en 6 dioden afzonderlijk op de 13 uitgangen van de LED-stuurtrap zijn aangesloten. De 20 LED's zijn in 13 groepen van één of twéé dioden verdeeld; 13 segmenten worden uitgelezen. De nominale stroom per diode bedraagt 5 mA. Voor iedere groep bevindt zich in de stuurtrap een stroombron van 5 mA.



Door de LED's te voeden met een stroombron is de lichtintensiteit binnen zekere grenzen te regelen, onafhankelijk van de voedingsspanning U_{LED}. De spanning U_{LED} mag minimaal 4 V en maximaal 7 V bedragen; de nominale waarde is 5 V. Als de regelingang laag ("0") is, geeft het display het symbool weer dat overeenkomt met de informatie in het stuurbaar geheugen.
Is de regelingang hoog ("1"), dan worden alle LED-stuurtrappen geblokkeerd.
Voor alle ingangen geldt: "0"-niveau ligt tussen 0 V en 0,8 V en het "1"-niveau tussen 2 V en 5,5 V.
De symbolen die door het display worden weergegeven bij de 16 mogelijke combinaties aan de ingangen A, B, C en D van het stuurbaar geheugen zijn hieronder weergegeven.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

HET STUURBAAR 4 BITS GEHEUGEN EN DE DECODER

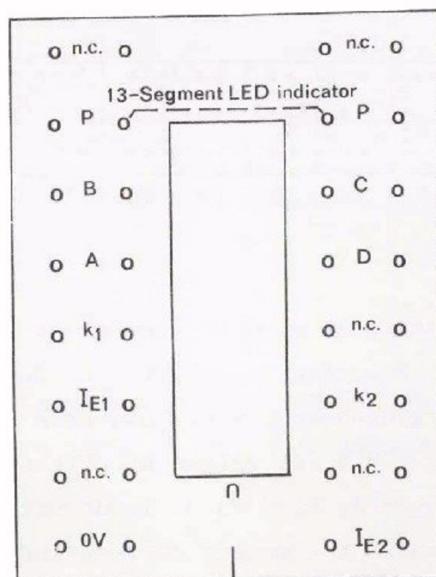
Het 4 bits geheugen heeft 4 ingangen A, B, C en D en één vergrendelingang I_{E1}. De ingangen A, B, C en D worden aangesloten op de 4 uitgangen van een binaire teller. Deze uitgangen hebben de gewichten 1, 2, 4 en 8. Als de vergrendelingang I_{E1} laag ("0") is, volgen de uitgangen van het geheugen de informatie op de ingangen A, B, C en D. Is de vergrendelingang I_{E1} hoog ("1"), dan veranderen vanaf dat moment de toestanden van de 4 geheugenuitgangen niet meer.

De 4 geheugenuitgangen zijn verbonden met de decoder, die samen met de LED stuurtrap de binaire informatie in het geheugen vertalen in een overeenkomstig hexadecimaal symbool op het display. Afhankelijk van het spanningsniveau "0" of "1" op de vergrendelingang I_{E1} wordt door de decoder de toestanden van de ingangen A, B, C en D of die van het geheugen uitgelezen.
In combinatie met de regelingang I_{E2} op de stuurtrap kan een teller continu of op een bepaald moment worden uitgelezen.

Bij een continue uitlezing verandert het symbool op het display bij iedere impuls die aan de aangesloten teller wordt toegevoerd. De teller wordt dan direct uitgelezen.
Bij momentele uitlezing kan men het aantal impulsen in een bepaald tijdsinterval $(t_2 - t_1)$ uitlezen. Ook kan men op een bepaald tijdstip de teller uitlezen.
In deze en de volgende lessen zullen we steeds de vergrendelingang I_{E1} en de regelingang I_{E2} op het lage niveau (0 V) houden.
Het display volgt dan de toestandsveranderingen van de ingangen A, B, C en D.

DE 13-SEGMENT LED-MODUL

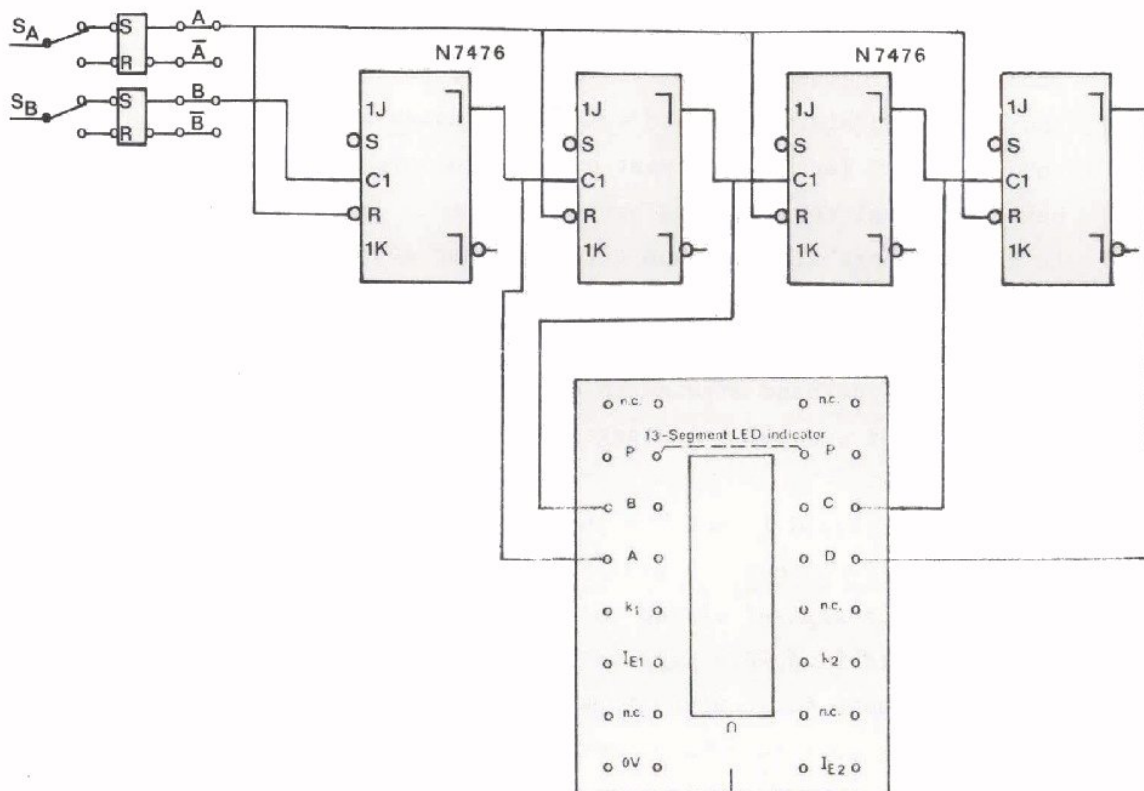
Het hexadecimaal display met logicaschakelingen is als IC gemonteerd in een modul. Dit modul wordt gebruikt bij de opdrachten waarbij een teller decimaal of hexadecimaal moet worden uitgelezen. Hieronder is het bovenaanzicht van de modul weergegeven. De benamingen van de aansluitingen vindt u er naast.



A, B, C, D - Geheugen-ingangen
I_{E1} - Vergrendelingangen
I_{E2} - Regelingang
k_1 - kathode linker decimaal punt
k_2 - kathode rechter decimaal punt
0 V - 0 V-voeding
nc - niet aangesloten

De P-contacten zijn met de bovenste contactpennen op de bodem doorverbonden. Het 0 V-contact is met de onderste contactpennen doorverbonden.

OPDRACHT: DECODEREN



- Bouw deze schakeling op uw paneel.
- Schakelaar S_A dient om een reset-signaal te geven. S_A hoort steeds omhoog te blijven, behalve als een reset-signaal gegeven moet worden.
- Geef met S_A een reset-signaal aan de telschakeling, zodat 1Q = 2Q = 3Q = 4Q = 0 wordt.
- Voer met S_B een aantal impulsen toe en controleer of de telling goed verloopt. Houd S_A in de getekende stand.

Vraag: Wat gebeurt er als u na de negende impuls nog meer impulsen toevoert?

____

____

____

____

____

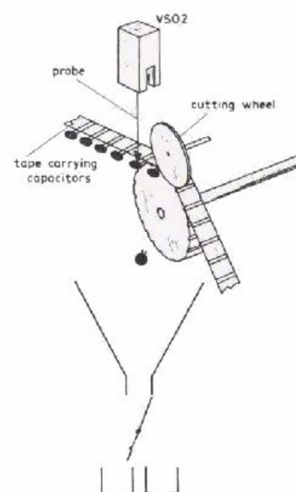
____

____

- Verbreek de doorverbinding van schakelaar S_B naar de eerste JK-flip flop en verbind uitgang C1 aan de 1 Hz uitgang van de generator-modul.

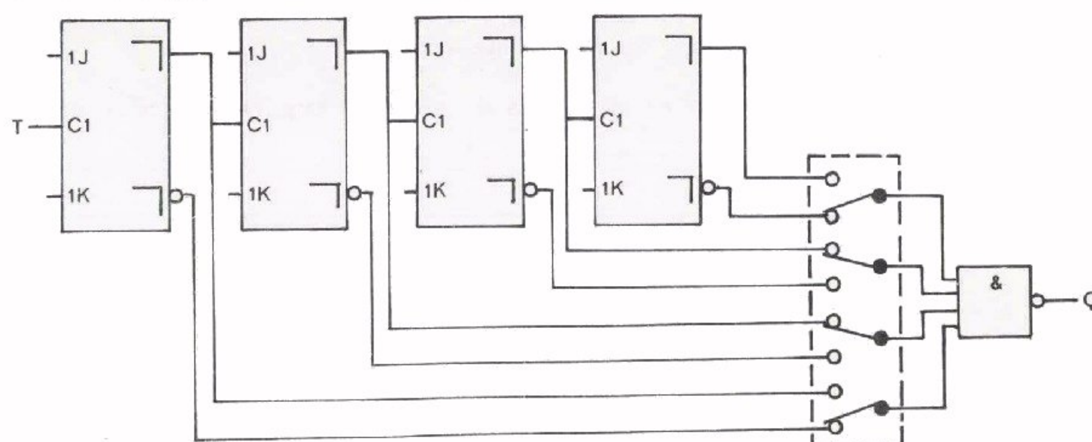
DUIMWIELSCHAKELAARS

INLEIDING



Vaak bestaat de behoefte om voorwerpen te tellen.
Een voorbeeld hiervan is het vullen van dozen met condensators. Iedere doos moet een van te voren bepaald aantal condensators bevatten.
De condensators zijn met hun uiteinden aan een band bevestigd.
Na het passeren van een voelstift, wordt een condensator van de band afgesneden en valt in een doos.
Daarbij wordt een signaal afgegeven van een teller (telsignaal).
Als de doos gevuld is met het juiste aantal condensators, wordt opnieuw een signaal afgegeven. Deze keer komt dit signaal van de teller, die van te voren ingesteld is op een bepaald getal.
De gevulde doos met condensators schuift verder en een volgende doos verschijnt onder het vulapparaat.
Het instellen van de teller voor het tellen van het juiste aantal condensators kan met duiwielschakelaars gerealiseerd worden.

Hieronder is een eenvoudig voorbeeld van een telschakeling gegeven.
De uitgangen van de JK-flip flop's zijn met schakelaars verbonden.
De stand van de schakelaars bepalen voor welk getal, tussen 0 en 9, een verandering plaats vindt bij Q.



In de getekende stand van de schakelaars is bij het binaire getal 0110 (decimaal 6) de uitgang van de NAND "0".
Hiermede verkrijgt men een signaal waar een schakeling mee gestuurd wordt (bijvoorbeeld het door schuiven van een doos).

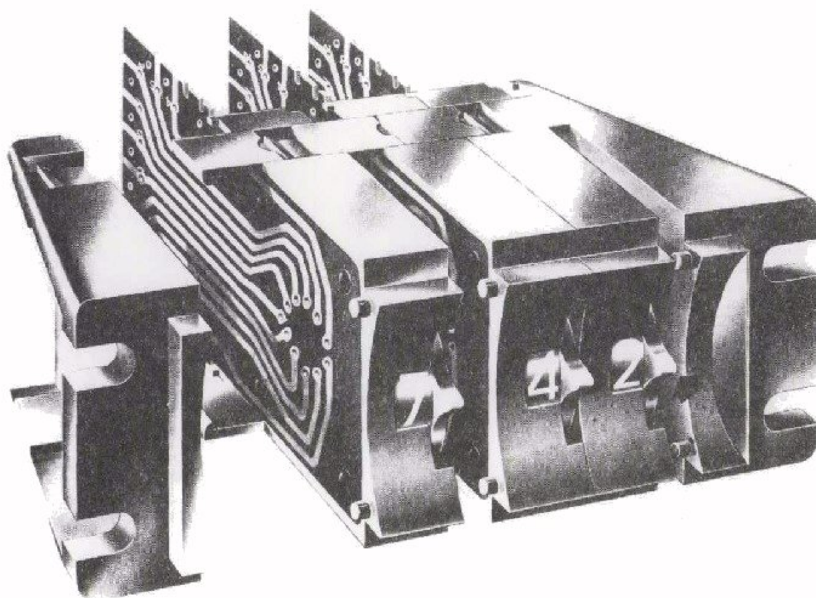
Als de schakelaars in een andere stand gezet worden, zal bij dat corresponderende cijfer een signaal ontstaan.

In plaats van vier schakelaars te gebruiken, zijn er schakelaars ontworpen, die met één handeling de juiste combinatie geeft.
Deze schakelaars stelt men in met de duim.
Daarom heeft men ze duimwielschakelaars genoemd.

Op volgende bladen worden de duimwielschakelaars besproken.

UITVOERINGSVORM VAN DUIMWIELSCHAKELAARS

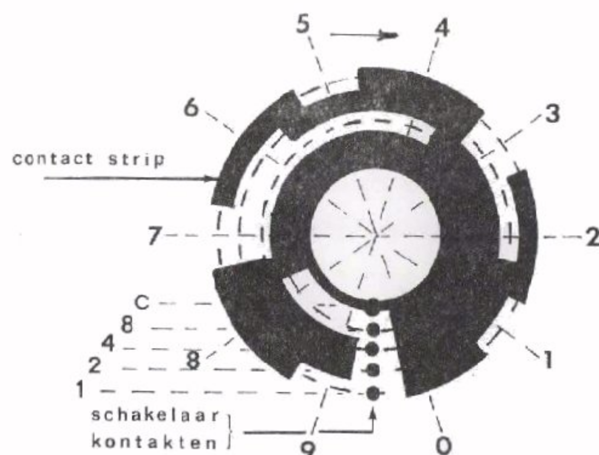
Duimwielschakelaars zijn *instel*-schakelaars om binaire informatie van meerdere bits te verkrijgen of om twee binaire gegevens met elkaar te vergelijken.



Duimwielschakelaars hebben tien verschillende standen, genummerd 0 t/m 9. Zet men een schakelaar in een bepaalde stand, waarbij dan het betreffende decimale cijfer zichtbaar wordt, dan ontstaat op de contactstrippen van deze schakelaar een binaire informatie, overeenkomende met dat cijfer.

Door middel van een uitsteeksel, hierboven naast het cijfer 2 zichtbaar, is met de duim de schakelaar in een andere stand te zetten.

Een duimwielschakelaar bestaat uit een ronde schijf, waarop contactstrippen zijn aangebracht:



Een manier waarop de strippen bevestigd zijn is hiernaast geschetst. Aan de onderkant zijn schakelcontacten aangebracht. Als een contact met de strip wordt doorverbonden ontstaat op de bijbehorende uitgang een spanning, die overeenkomt met de waarde die aan C wordt gegeven (0 of 1).

De schakelaar heeft tien standen.

stand	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1										
2										
4										
8										
decimale waarde van het getal										

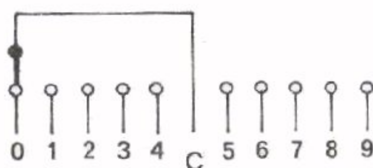
- Vul nevenstaande tabel in, die de uitgangscombinatie aangeeft in de tien standen.

De getekende stand is een tussenstand.

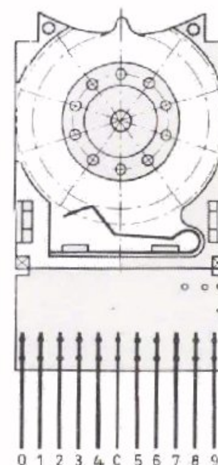
C wordt met "0" verbonden en een open contact komt overeen met "1".

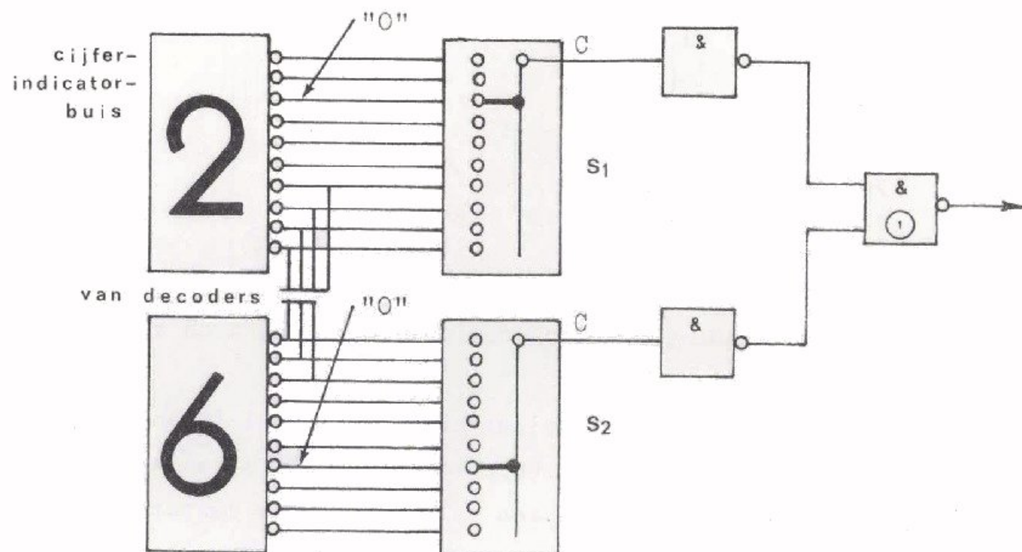
Duimwielschakelaars zijn er in verschillende uitvoeringsvormen.

De eenvoudigste schakelaar is de tienstanden schakelaar die hier getekend is.

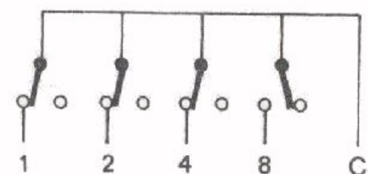


Wordt aan de contacten 0 t/m 9 een signaal aangesloten, dan kan van C een spanning afgenomen worden, die overeen komt met de stand van de schakelaar.



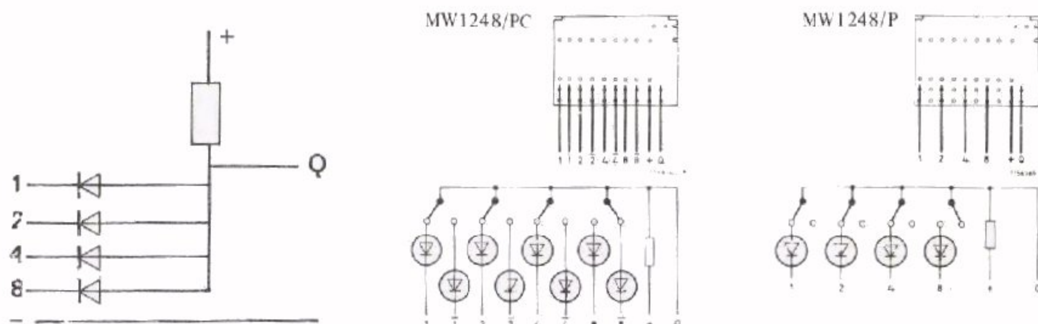


We geven hierboven een voorbeeld van een telschakeling met twee cijfer-indicatorbuizen. De signalen 0 of 1, afkomstig van een decoder om de cijferindicatorbuis te sturen, worden ook aan de schakelaars toegevoerd.
Bij een van te voren ingestelde toestand (door de schakelaars) kan de schakeling via een NAND een signaal afgeven.
Een andere uitvoeringsvorm van een duimwielschakelaar is hier getekend,
Een spanning aan C toegevoerd, wordt nu binair omgezet. Voeren we in de getekende stand aan C een "0" toe, dan ontstaat binair 1000 - dit stemt overeen met decimaal 8.

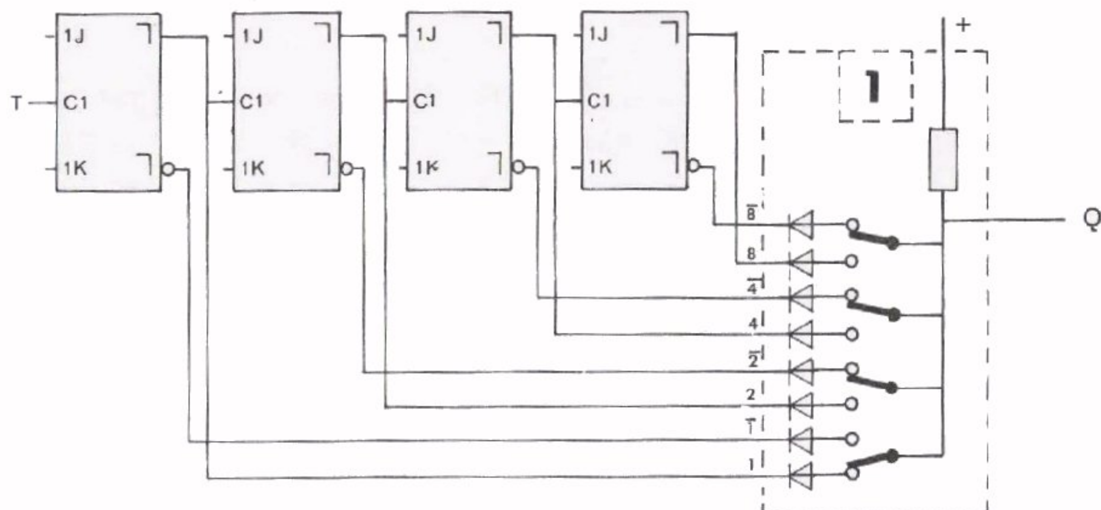


In de volgende les bespreken we een decade teller; dit is een teller die van 0 t/m 9 telt.
Met behulp van de getekende schakelaar is de decade teller in te stellen.
Tevens bestaat de mogelijkheid om van de vooraf ingestelde waarde het tellen te laten beginnen.

Bij een derde uitvoering van een duimwielschakelaar zijn tevens een aantal dioden toegevoegd.
Deze schakelaar fungeert in feite als een AND-schakeling.



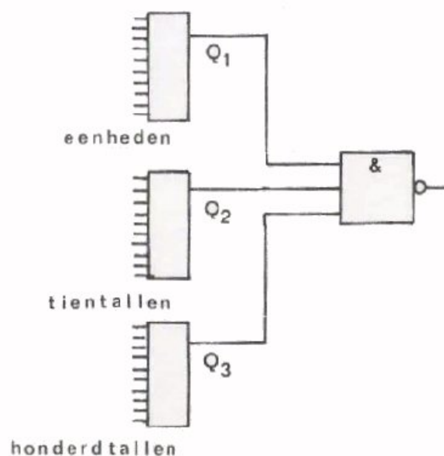
Als bij de AND-schakeling de ingangen 1, 2, 4 en 8 elk "1" zijn, dan is de uitgang Q = 1.
Met behulp van de schakelaar zijn een aantal ingangen van te voren in te stellen. Alleen als die bepaalde ingangen "1" zijn, is de uitgang Q = 1.
Als voorbeeld kiezen we een teller met vier master-slave JK-flip flop's.



De uitgangen van de teller worden toegevoerd naar de overeenkomstige punten van de schakelaar.
Als de teller in de stand 0001 staat, is de uitgang Q = 1.
In alle andere standen van de teller is Q = 0.
Wordt de schakelaar omgezet naar een ander getal, dan zal de uitgang Q = 1 zijn, als het binaire getal dan overeenkomt met de ingestelde waarde van de schakelaar.

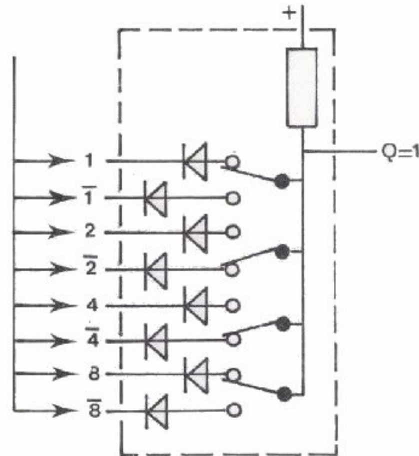
OPMERKING

Ook getallen boven de 10 zijn met behulp van combinaties van duimwielschakelaars in te stellen. Alléén als de uitgangen van de eenheden én de tientallen én de honderdtallen "1" zijn, is de uitgang van de NAND "0".



OEFENINGEN

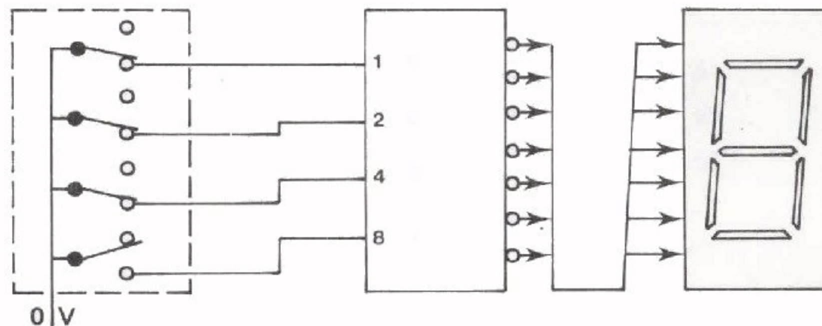
1. In welke stand (decimaal) staat een duimwielschakelaar, als de schakelaar zo ingesteld staat, dat de uitgang Q = 1, en de uitgangen van de teller verbonden zijn met de overeenkomstige punten van de schakelaar.



Bij welke stand van de teller is de uitgang Q = 1.

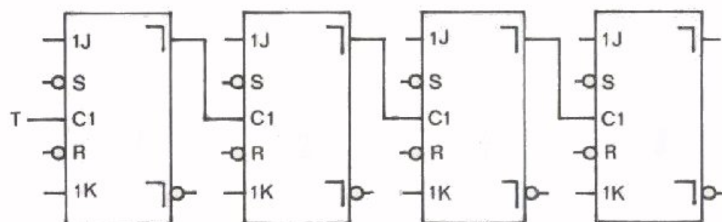
stand

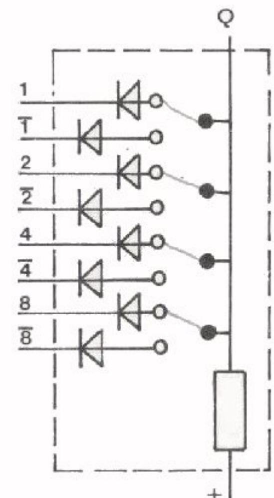
2.



Welk decimaal cijfer licht op als de duimwielschakelaar, die verbonden is met een decoder, in de getekende stand staat?

3.





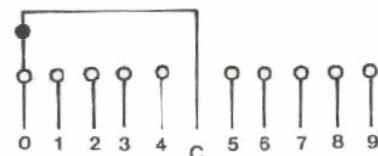
Verbind de schakelaar zodanig met de teller, dat de teller op iedere waarde tussen 0 en 9 te resetten is.

SAMENVATTING

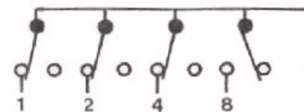
Decodeerschakelingen worden gebruikt om het resultaat van het tellen decimaal uit te kunnen lezen.
Geeft een teller het resultaat bijvoorbeeld in BCD-code weer, dan kan dit omgecodeerd worden in de decimale code met behulp van decodeerschakelingen.
Het uitgangssignaal van een decodeerschakeling is bijvoorbeeld met een cijferindicatorbuis óf een "7 segment display" uit te lezen.

Duimwielschakelaars zijn instel-schakelaars.
Ze dienen om binaire informatie van meerdere bits te verkrijgen óf om twee binaire gegevens met elkaar te vergelijken.
Alle duimwielschakelaars hebben tien standen genummerd 0 t/m 9.
Er zijn verschillende uitvoeringsvormen:

- Een tien standen schakelaar.
  Het moedercontact wordt steeds met een van de tien andere contacten verbonden.



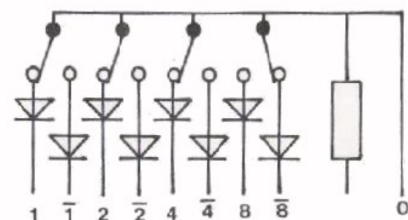
- Een schakelaar waarbij slechts vijf aansluitingen aanwezig zijn; een moedercontact en vier aansluitingen, genummerd 1, 2, 4 en 8.



  De tien standen die verkregen worden stemmen overeen met de BCD-code.
  Wordt C = 0 dan zijn de mogelijke uitgangscombinaties zoals in de tabel aangegeven zijn.

8	4	2	1	decimaal cijfer
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

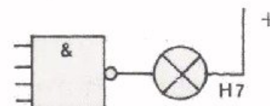
Een schakelaar waarin dioden zijn opgenomen.
De schakelaar is een AND-poort.
Als de schakelaar in een bepaalde stand staat, zal de uitgang Q alléén "1" zijn, als de betreffende ingangen "1" aangeboden krijgen.



NAAM: [ ] KLAS: [ ]

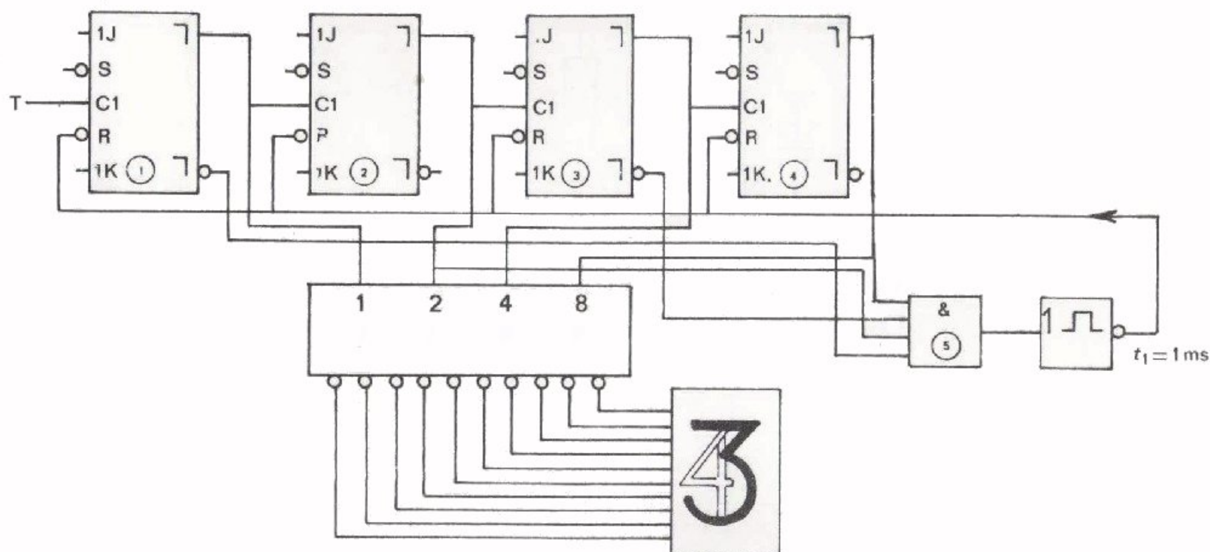
OEFENINGEN

1. Van een teller bestaande uit vier JK-flip flop's, met Q en $\overline{Q}$ uitgangen, moet het getal 7 uitgelezen worden.



Welke uitgangen van de JK-flip flop's moeten aan de decodeerschakelingen worden toegevoerd?

2.



Bepaal de toestanden van de ingangen van de decoder om het cijfer 3 te laten branden.

8	4	2	1

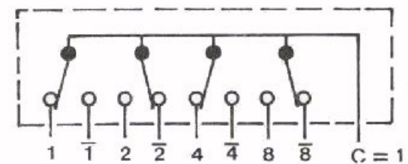
Bepaal de ingangstoestanden van AND ⑤ als de monostabiele multivibrator een puls van 1 msec. geeft. [ ]

Bepaal het cijfer dat vóór deze stand oplichtte.

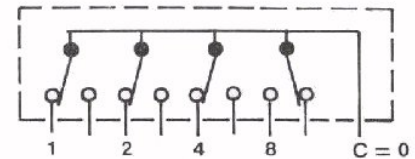
cijfer [ ]

Wat gebeurt er, als van de monostabiele multivibrator de uitgangsimpuls aan de R-ingangen van de JK-flip flop's wordt toegevoerd?

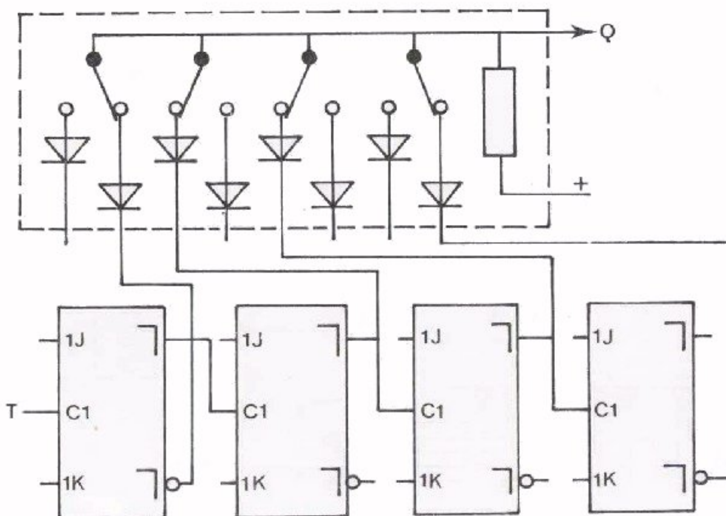
3. Hiernaast is een schema van een duimwielschakelaar getekend. Welk decimaal cijfer behoort bij deze stand? [ ]



4. Welk BCD-getal is aan de klemmen 8, 4, 2 en 1 beschikbaar als C = "0"? [ ]



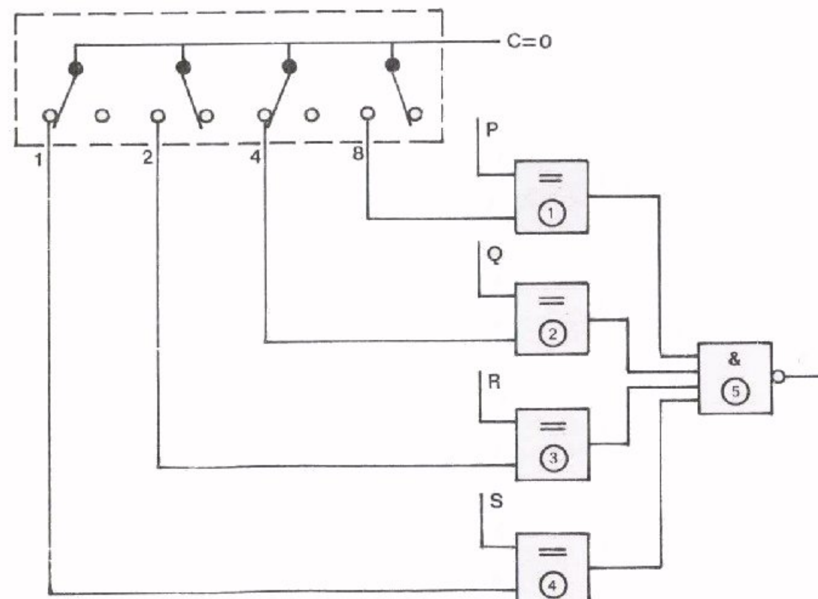
5.



De duimwielschakelaar is een [ ] poort.

Bepaal de decimale waarde van het cijfer waarbij de uitgang Q = "1" is. [ ]

6.



Bepaal de voorwaarden voor P, Q, R en S om 5Q = 0 te maken.

P	Q	R	S

D 23

TELLERS

INLEIDING

In de lessen over de master-slave JK-flip flop's zijn reeds tellers aan de orde geweest. Met één JK-flip flop kan men tot twee tellen, met twee JK-flip flop's tot $2^2 = 4$, met drie tot $2^3 = 8$, met vier tot $2^4 = 16$, enz.
We hebben een aantal van deze JK-flip flop's achter elkaar gezet en er aan gemeten.
Ook het frequentie delen kwam hierbij ter sprake.
In de vorige les werd besproken hoe we een binair getal om kunnen zetten in een decimaal cijfer. Hierbij werden decodeerschakelingen gebruikt. Deze decodeerschakelingen zetten het binaire getal zodanig om dat een cijfer-indicatorbuis of een 7-segment display gestuurd kan worden, waarbij het decimale cijfer af te lezen is. Hiervoor zijn wel verschillende decoders nodig. We hebben ook gezien dat het hexadecimaal display samen met decodeerschakeling is geintegreerd.

Ook de duimwielschakelaars werden besproken. Dit zijn instelschakelaars, waarbij binaire informatie verkregen wordt ôf twee binaire informaties met elkaar vergeleken worden.

In deze les worden de asynchrone- en de synchrone tellers besproken.
Bij de asynchrone teller, bestaande uit achter elkaar geplaatste JK-flip flop's, wordt de ene flip flop omgezet door de voorgaande flip flop. Bij het omzetten kan een vertraging optreden .
Bij synchrone tellers worden door het kloksignaal alle flip flop's tegelijk omgezet.

Ook de binaire up- en down-counter wordt besproken.

Uiteindelijk wordt een speciale teller, de decade teller behandeld.
Dit is een teller die tot tien telt.
Met bijvoorbeeld drie van deze tellers is een drie-decaden teller te verkrijgen. Deze telt dan tot $10^3 = 1000$.

ASYNCHROON - SYNCHROON

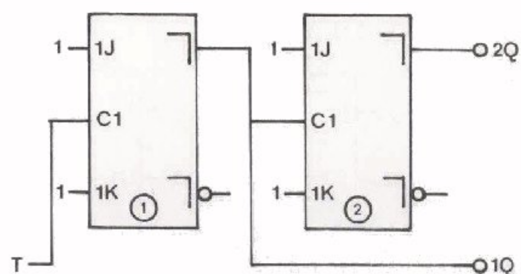
In de voorgaande lessen zijn een aantal telschakelingen besproken. Hierbij werden een aantal master-slave JK-flip flop's achter elkaar geschakeld. Aan de eerste flip-flop werd een kloksignaal toegevoerd, terwijl het kloksignaal voor de volgende flip-flop van de uitgang van de vorige flip-flop werd afgenomen.

Tellers kan men echter op twee manieren realiseren, asynchroon of synchroon (synchroon = gelijktijdig, asynchroon = niet gelijktijdig).

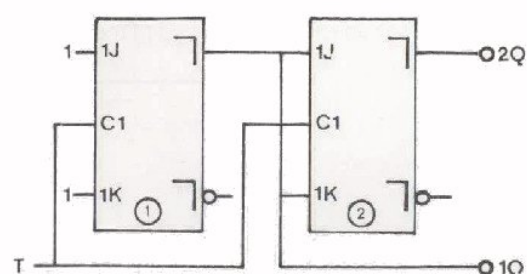
Bij een *asynchrone* teller wordt het kloksignaal aan de eerste flip-flop toegevoerd. De verandering van de eerste wordt doorgegeven aan de volgende, enz. Het gevolg is dat het moment van veranderen van een flip-flop wordt bepaald door de verandering van de voorgaande flip-flop; het moment van veranderen van de voorafgaande flip-flop weer door het veranderen van diens voorganger, enz.
Treedt er in elke flip-flop enige vertraging op, ook al is deze zeer klein, dan zal een verandering van de eerste flip-flop bij de volgende flip-flop's pas enige tijd later een verandering tot gevolg hebben.
Dat betekent dat alle flip-flop's *niet gelijktijdig* veranderen, ze veranderen "asynchroon" na elkaar. Het niet gelijktijdig veranderen kan een nadeel zijn.

Bij een *synchrone* teller wordt het kloksignaal aan *alle* flip-flop's toegevoerd. Het gevolg is dat als een aantal flip-flop's van toestand veranderen, ze dit alle op hetzelfde moment doen. Het kloksignaal zet als het ware op hetzelfde moment alle flip-flop's van de bestaande toestand in de volgende toestand.
Dit is te vergelijken met de aluminium stroken van een luxaflexscherm. Door aan een koord te trekken worden alle stroken "tegelijkertijd" of "synchroon" in een andere stand gebracht.

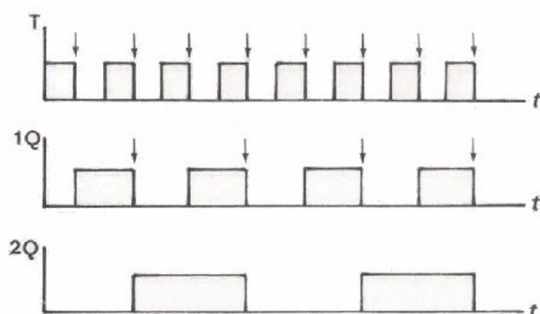
Hieronder een eenvoudig voorbeeld van een asynchrone en een synchrone teller.

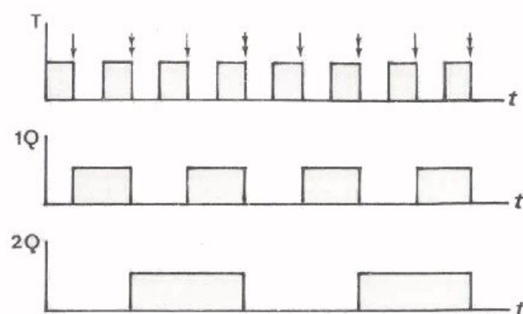


asynchrone binaire teller



synchrone binaire teller



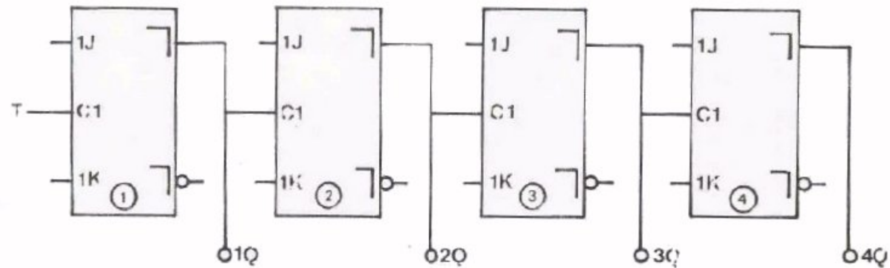


De verandering van 1Q wordt bepaald door T, de verandering van 2Q door 1Q.

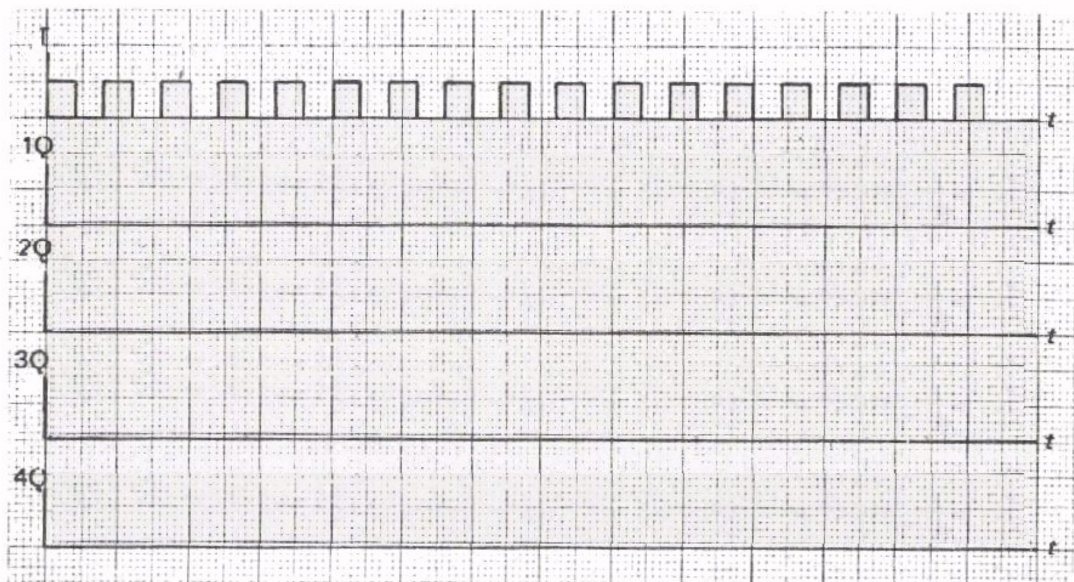
De verandering van 1Q en 2Q worden beide bepaald door de klokimpulsen van T.

ASYNCHRONE BINAIRE UP-COUNTER

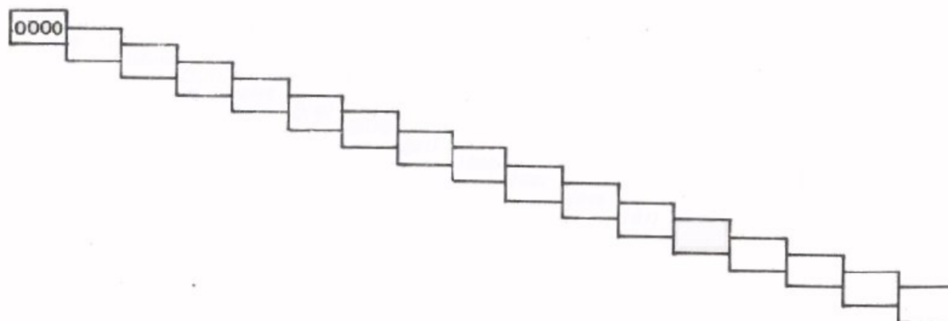
We beginnen de tellers met een voorbeeld waarbij de teller de impulsen *op-telt*; een "opteller" of "up-counter" (up kaunter).



- Maak de tijd-volgordediagrammen verder af.



- Vul hieronder de binaire getallen in die door 1Q, 2Q, 3Q en 4Q zijn weergegeven.



Het uitgangssignaal van een flip-flop is telkens het stuursignaal voor de volgende flip-flop.

De schakeling stelt dus voor een **asynchrone / synchrone** teller.

Het aantal impulsen wordt opgeteld en binair weergegeven. Het is dus een "binaire up-counter".

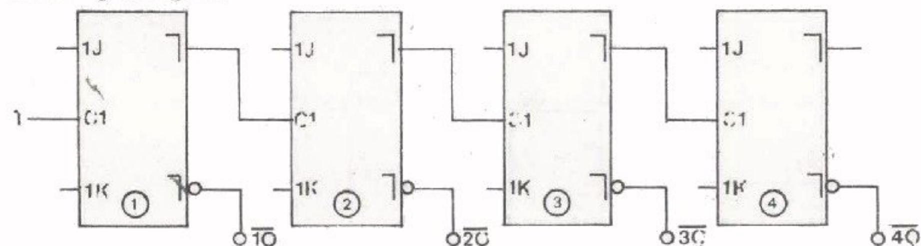
ASYNCHRONE BINAIRE DOWN-COUNTER

De teller van vorig blad telde de impulsen op. De volgende teller die we bekijken is een teller die de impulsen *af*telt, een "*af*teller" of "down-counter" (daun kaunter).

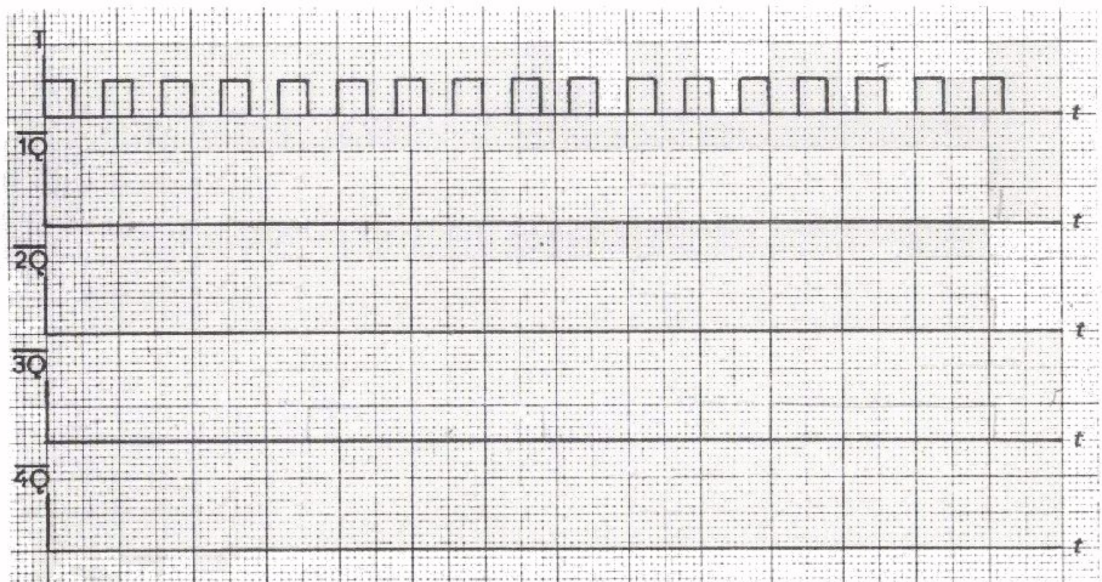
Een voorbeeld van een down-counter is het aftellen bij het starten van een maanraket.

Als we binair optellen bijv. tot 8, dan tellen we 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111. Vervangen we elke "0" door "1" en omgekeerd dan krijgen we 111, 110, 101, 100, 011, 010, 001, 000. In dit geval tellen we dus af!

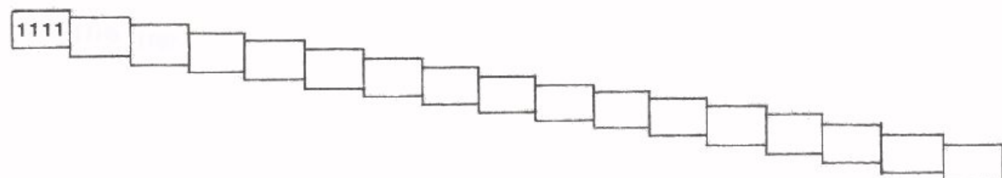
Als we het signaal van de teller, die op het vorige blad besproken is, niet van de Q-uitgangen afnemen, maar van de $\overline{Q}$-uitgangen, dan hebben we de down-counter gekregen.



- Maak de tijd-volgordediagrammen verder af.



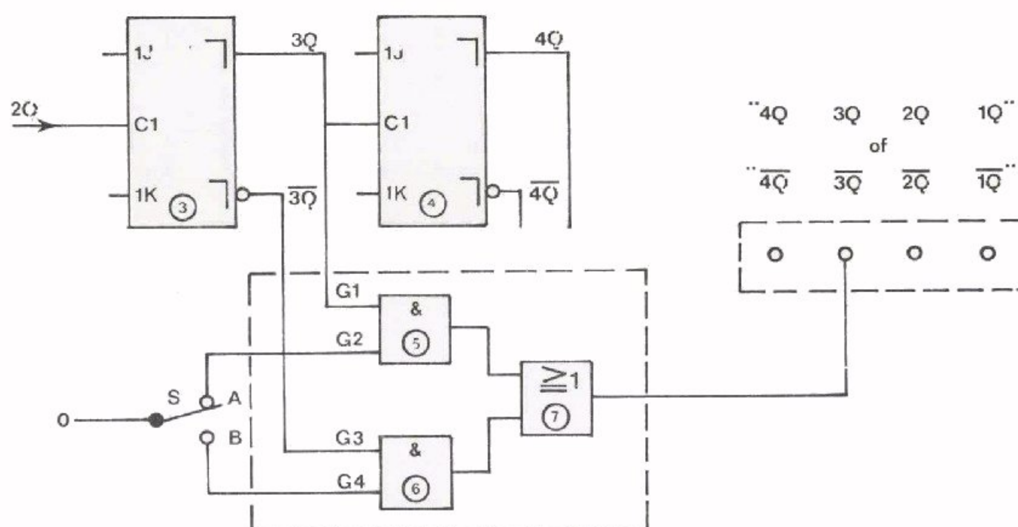
- Vul hieronder de binair weergegeven getallen in door $\overline{1Q}$, $\overline{2Q}$, $\overline{3Q}$ en $\overline{4Q}$ weergegeven.



We zien inderdaad, dat we nu een teller hebben gekregen die *af*telt.
Het is dus een down-counter.

BINAIRE UP- EN DOWN-COUNTER

We hebben een voorbeeld besproken van een up-counter en een down-counter.
Bij een up-counter is na elke volgende impuls het binaire getal één *hoger*.
Bij een down-counter is na elke volgende impuls het binaire getal één *lager*.
In enkele gevallen combineert men de up-counters met de down-counters.
Men spreekt dan van "*op en neer* tellers" of "up- en down-counters".
Om een up- en down-counter in één schakeling te realiseren worden de op de vorige bladen gegeven schakelingen gecombineerd.
We kunnen dit uitvoeren door met "elektronische omschakelaars" óf alle Q-uitgangen, óf alle $\overline{Q}$-uitgangen van de flip-flop's via deze omschakelaars met de uitgangsklemmen te verbinden. We hebben dit voor de uitgangen van de derde flip-flop geschetst.



Stand A van S: terugtellen; $\overline{3Q}$ wordt doorgegeven,
Stand B van S: voorwaartstellen; 3Q wordt doorgegeven.

Het signaal dat van flip-flop ③ wordt toegevoerd aan AND ⑤ en AND ⑥ wordt slechts doorgegeven als aan de andere ingang van die betreffende AND een "1" wordt toegevoerd.

Voor de besproken tellers met vier JK-flip flop's zijn dan ook vier van deze "elektronische schakelaars" nodig.
Alle G2-ingangen moeten echter doorverbonden worden. Hetzelfde is het geval met de G4-ingangen.
Door schakelaar S om te zetten ontstaat zo een binaire up- of down-counter.

OPGAVE

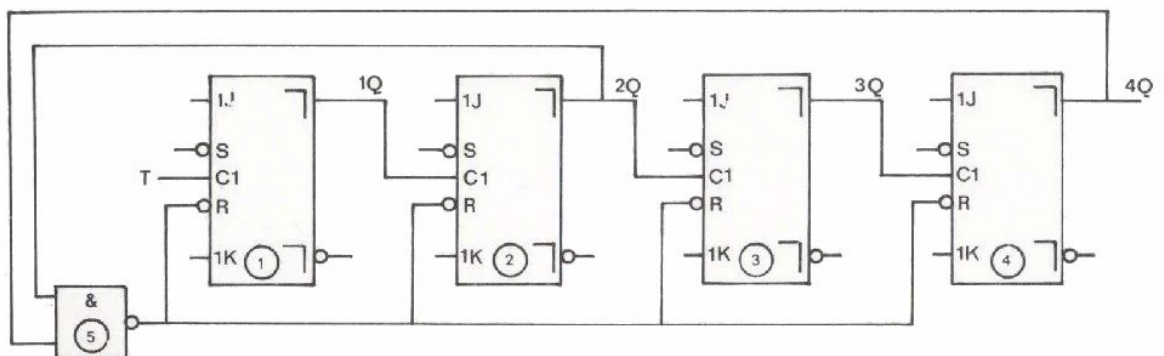
Teken de "elektronische omschakelaar" tussen de flip-flop-uitgangen en de bijbehorende uitgangsklemmen van de teller met behulp van uitsluitend NAND's.



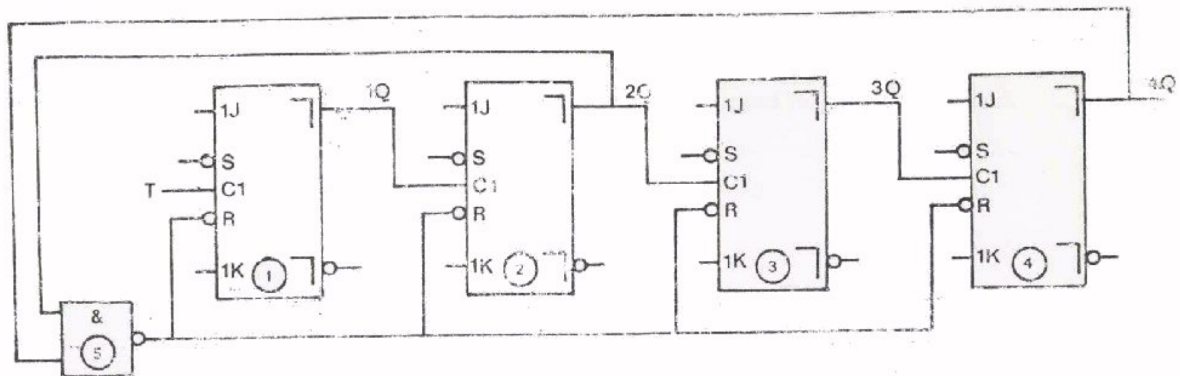
ASYNCHRONE BCD-TELLER

De BCD-teller is al eerder ter sprake gekomen. Hierbij werden vier JK-flip flop's gebruikt, waarbij binair geteld werd van 0 t/m 15. Bij het decoderen en uitlezen had het doortellen vanaf 10 (10, 11, 12, 13, 14 en 15) geen gevolgen bij het decoderen.

Het onnodig verder tellen dan 0 t/m 9 moet vermeden worden als we slechts tot 10 willen tellen.
Na het binaire getal 1001 (9) moet direct volgen 0000.
Hieronder is een schakeling van een asynchrone BCD-teller getekend, die één decade telt (0 t/m 9).



Als NAND ⑤ een "0" afgeeft worden alle flip-flop's gereset, alle Q-uitgangen worden dan "0".
Deze "0" ontstaat als de ingangen van de NAND "1" zijn, dus als 2Q = 1 en 4Q = 1 aan de NAND toegevoerd worden.
Indien de teller van 0 af telt, wordt na 10 impulsen het binaire getal 1010. 2Q en 4Q zijn dan voor de eerste keer beiden "1", de teller wordt gereset en er ontstaat de begintoestand 0000.



OPDRACHT

- Bouw bovenstaande schakeling op het paneel met behulp van 1 NAND-modul N 7400 en 2 JK-flip flop modullen N 7476.
- Sluit de lampjes voor de uitlezing als volgt aan:
  1Q op B_4, 2Q op B_3, 3Q op B_2 en 4Q op B_1.
- Sluit de ingangen A, B, C en D van het 13 -segment display aan.
  1Q op A, 2Q op B, 3Q op C en 4Q op D. Doe dit met zo kort mogelijke verbindingen.
- Voer aan T het 1 Hz signaal van de generatormodul toe.
- Controleer of de teller nu een "decade teller" is.
- Breek de schakeling af.

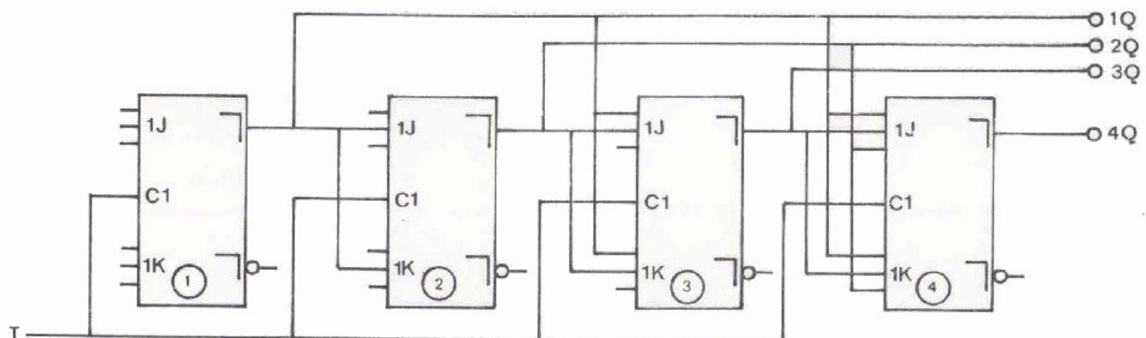
SYNCHRONE BINAIRE TELLER

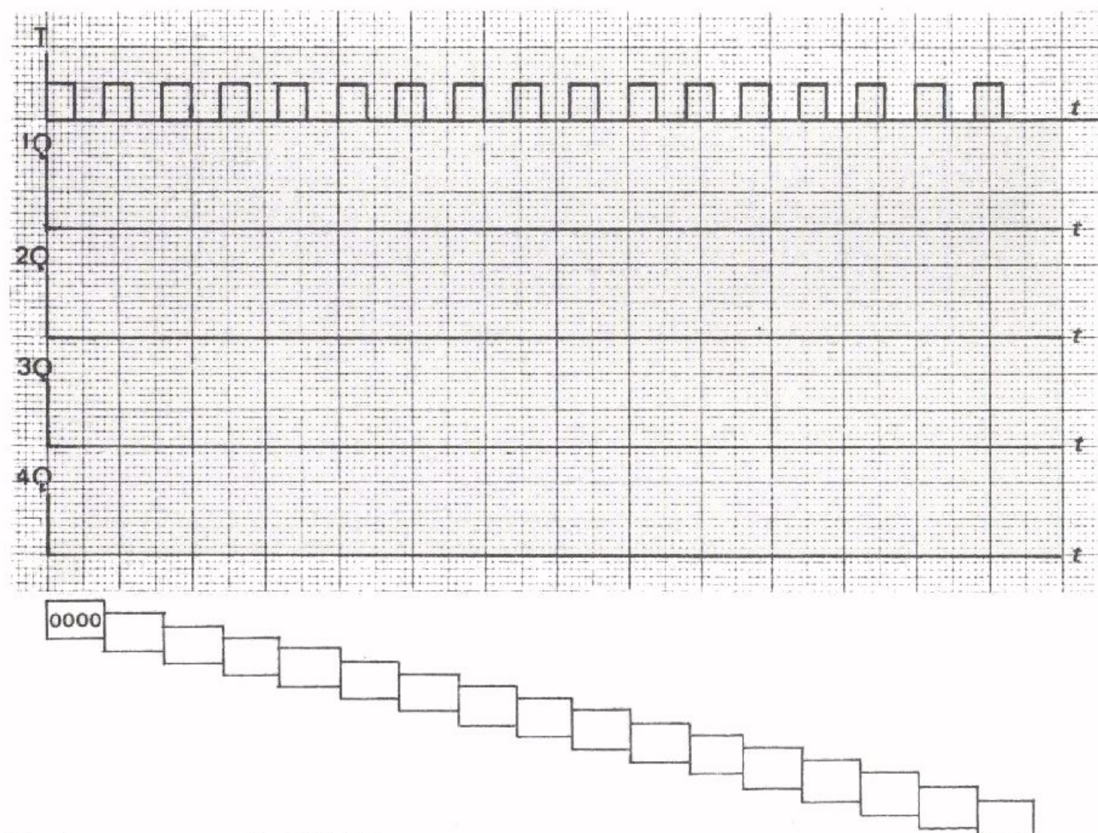
Op de voorgaande bladen zijn alléén asynchrone tellers ter sprake gekomen. Hierbij wordt het stuursignaal voor een flip-flop afgenomen van de vooraf-gaande flip-flop.
Bij synchrone tellers worden alle flip-flop's tegelijkertijd van een klok-signaal T voorzien, zodat ze telkens tegelijkertijd van toestand veranderen.

Naast de JK-flip flop met één J- en K-ingang zijn er ook flip flop's met drie J- en K-ingangen. De J- en K-ingangen werken als een AND-functie. Zijn de drie J- of K-ingangen "1" dan wordt deze toestand op de achterflank van de klokimpuls naar de uitgang doorgegeven. Als één of twee ingangen "0" zijn, wordt op de achterflank van het klokimpuls een "0" naar de uitgang doorgegeven. Voor een zwevende J- of K-ingang geldt de toestand "1".

In onderstaand schema is een synchrone binaire teller getekend.

Teken zelf de tijd-volgordediagrammen die daarbij behoren en vermeld de binaire getallen die achtereenvolgens worden weergegeven.



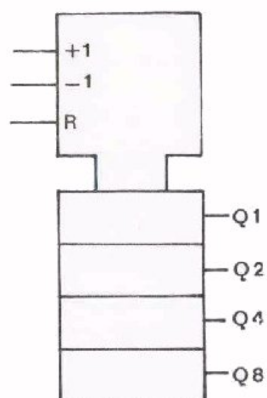


Uit het voorgaande blijkt:

Aan de ingangen van de JK-flip flop's worden de uitgangen van alle voorafgaande flip-flop's toegevoerd.

Een flip-flop kan dan pas omslaan, als alle uitgangen van de voorafgaande flip-flop's "1" zijn.

DECADE-TELLER



Dit is het symbool voor een eenvoudige decade-teller. We geven hier een toelichting op.

+1 - Bij iedere overgang van 0 naar 1 aan de ingang, gemerkt +1, zal de teller één stap vooruit doen in de aangegeven code.

-1 - Bij -1, zal de teller één stap terug doen.

R - Ingang voor een reset-signaal. Hiermede wordt de teller op "0" gezet.

Q1 - Uitgang met gewicht 1. De teller met het kleinste gewicht grenst altijd aan het ingangsblok.

Q2 - Uitgang met gewicht 2.

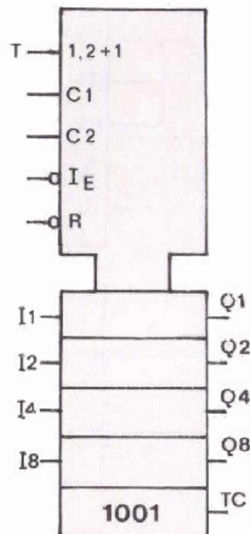
Q4 - Uitgang met gewicht 4.

Q8 - Uitgang met gewicht 8.

DE DECADE-TELLER N74160

In een modul bevindt zich een decade-teller N74160.

Deze bevat nog meer mogelijkheden dan de decade-teller op het voorgaande blad.



+1 - De aan "+1" toe te voeren impulsen worden geteld als C1 = 1 en C2 = 1.

R - Bij "0" aan de reset-ingang, wordt de uitgang Q1 = 0, Q2 = 0, Q4 = 0 en Q8 = 0.

TC - Worden negen impulsen aan "+1" toegevoerd dan ontstaat Q1 = 1, Q2 = 0, Q3 = 0 en Q4 = 1, maar ook TC = 1.
Na de 10e impuls ontstaat Q1 = 0, Q2 = 0, Q3 = 0 en Q4 = 0, maar ook TC = 0.
De kortstondige TC = 1 is nodig om bijvoorbeeld een "tiental" door te geven aan een volgende decade-teller, voor bijvoorbeeld tientallen.

C1, C2 - Deze ingangen zijn nodig om met drie van deze tellers een "teller tot 1000" te kunnen maken, een zogenaamde "drie-decade-teller".

I_E - De I_E-ingang dient om de teller een bepaalde telstand te kunnen geven.
Worden aan de I-ingangen, bijv. I1 = 1, I2 = 0, I4 = 1 en I8 = 0 toegevoerd,

dan ontstaat bij I_E = 0 de uitgangstoestand die gelijk is aan de ingangstoestanden van I. (Q1 = 1, Q2 = 0, Q4 = 1 en Q8 = 0).

I_E noemt men de "input-enable" (in staat stellen). Deze uitdrukking zegt dat de teller in een gewenste toestand gebracht kan worden.

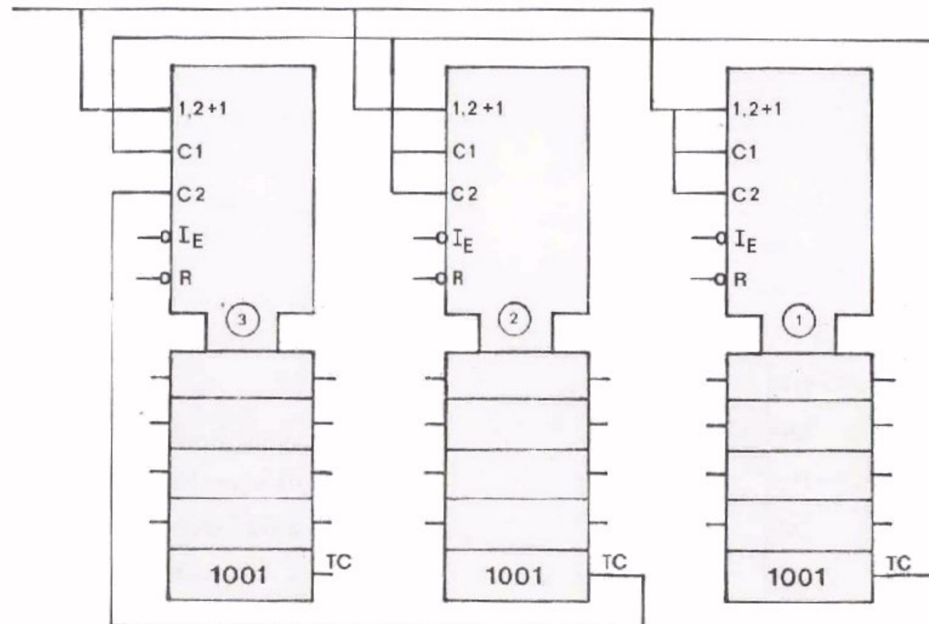
Het opnemen van een getal in de teller via deze ingangen noemt men wel een *register*-functie.

Het woord register is afgeleid van registreren of vastleggen.

Op de register-functie komen we in een van de volgende lessen uitvoerig terug.

DE DRIE DECADEN-TELLER

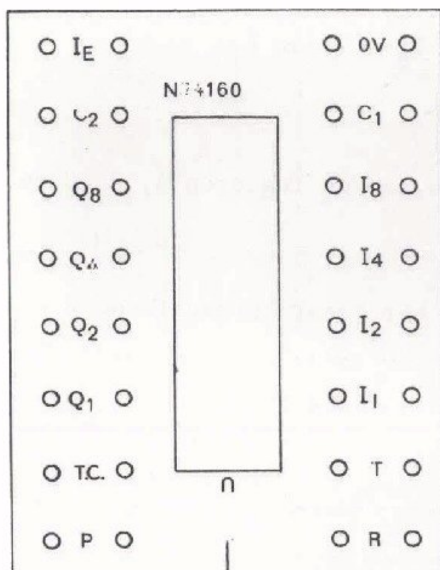
Hieronder een voorbeeld van een "drie decaden-teller", opgebouwd uit drie afzonderlijke decade-tellers.



- Elke teller krijgt op de "+1"-ingang de te tellen impulsen T toegevoerd.
- Teller ①, de teller voor de *eenheden*, telt altijd omdat steeds geldt: C1 = 1 en C2 = 1.
- Teller ②, de teller voor de *tientallen*, telt alléén als C2 = 1 en ook C1 = 1; dit is het geval als TC van ① aan C1 van ② een "1" toevoert. Dit gebeurt als teller ① binair 1001 (9) geeft en daardoor TC = 1 is.
- Teller ③, de teller voor de *honderdtallen*, telt alléén als C2 = 1 en C1 = 1.
  C1 wordt "1" door TC van ①. C2 wordt "1" zodra TC van ② "1" wordt.
  Dit gebeurt na het getal "099".
  Zodra "00" verschijnt, door de telimpuls op de drie tellers, wordt de "honderd" ook ingeschreven en ontstaat "100".

DE MODUL MET DECADE-TELLER

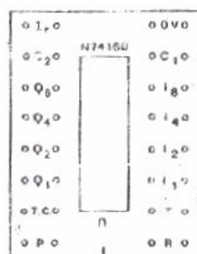
In deze modul is de decade-teller N74160 gemonteerd.
Hieronder is het bovenaanzicht van de modul weergegeven met ernaast de benaming van de aansluitingen.



T	: tel ingang ("1" actief)
C_1 en C_2	: parallel tel-ingangen ("1" actief)
I_E	: parallel doorgeef-ingang ("0" actief)
R	: master reset-ingang
Q_1, Q_2, Q_4, Q_8	: parallel-uitgangen
TC	: decade tel-uitgang
I_1, I_2, I_4, I_8	: parallel ingangen
0	: 0 V-voeding
P	: +5 V voedingsspanning

Het P-veercontact op de bovenzijde is inwendig doorverbonden met de bovenste + V contactpennen op de bodem.
Het 0 V veercontact is inwendig doorverbonden met de onderste 0 V contactpennen op de bodem.

OPDRACHT: METEN AAN DE DECADE-TELLER



- Voer Q_1 toe aan B_4
  Q_2 aan B_3
  Q_4 aan B_2
  Q_8 aan B_1

- Voer Q1, Q2, Q4 en Q8 eveneens toe aan de ingangen A, B, C en D van het hexadecimaal display.

- Voer de blokspanning van 1 Hz van het generatormodul toe aan de T-ingang.
- Controleer of de teller binair tot 10 telt.
- Controleer of het hexadecimaal display juist telt.
- Controleer met B_5 of bij $Q_8 = 1$, $Q_4 = 0$, $Q_2 = 0$ en $Q_1 = 1$ inderdaad TC = 1.

TC = 1 bij

- Voer R = 0 toe.

De teller stopt/de teller wordt 0000/de teller krijgt een willekeurige waarde

- Verwijder R = 0.

De teller gaat verder met tellen/begint te tellen bij 0000/begint willekeurig

- Controleer of met C1 = 0 het tellen te onderbreken is.
- Controleer of met C2 = 0 het tellen te onderbreken is.
- Controleer of met $I_E = 0$ het tellen te onderbreken is.
- De teller telt alléén als:

T = [0/1] , R = [0/1] , C1 = [0/1]

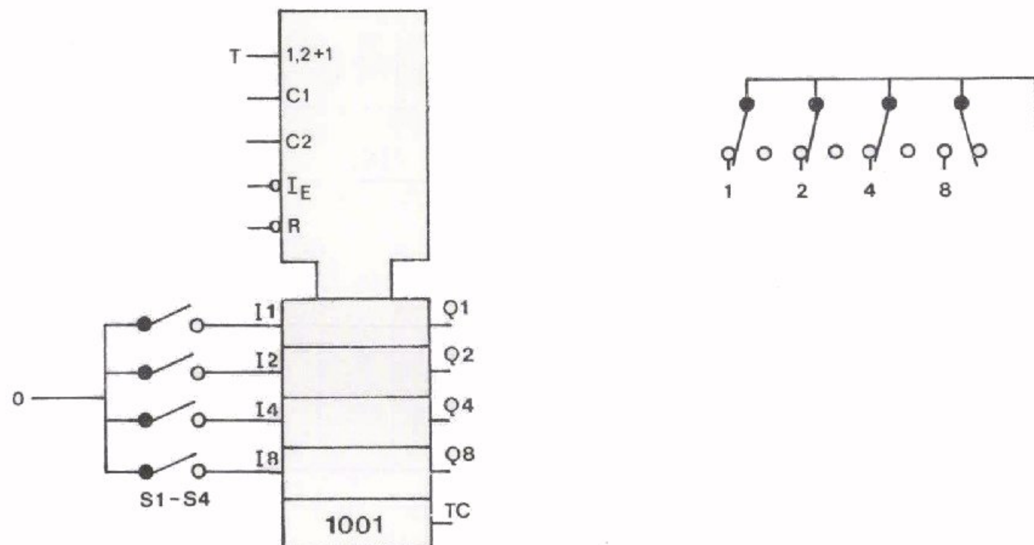
C_2 = [0/1] , I_E = [0/1] .

VOORINSTELLING DECADE-TELLER

Met behulp van een duimwielschakelaar is het mogelijk de teller een voorinstelling te geven.
Wordt $I_E = 0$, dan stopt de teller met tellen: I_1 t/m I_8 worden doorgegeven.
Wordt aan de ingangen I_1, I_2, I_4 en I_8 een informatie toegevoerd, dan worden de overeenkomstige uitgangen van de decade-teller in diezelfde toestand gebracht. De toestanden van de ingangen worden aan de uitgangen doorgegeven.
Wordt vervolgens $I_E = 1$, dan begint de teller vanaf die ingestelde waarde te tellen.

Op een modul bevinden zich vier schakelaars. Daarmede gaan we een duimwielschakelaar nabootsen. Met de duimwielschakelaar kunnen we met één beweging de schakelaar omzetten, nu moeten we de vier schakelaars afzonderlijk bedienen.

OPDRACHT



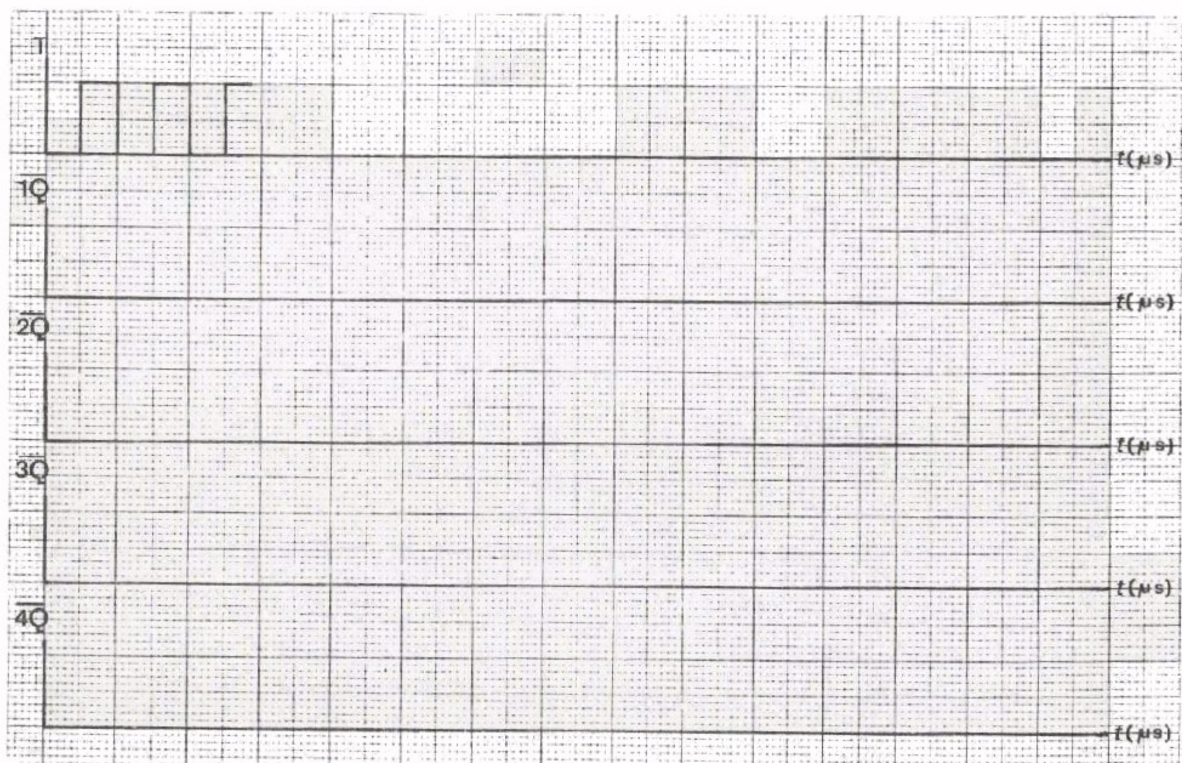
- Bouw deze schakeling op het paneel met de decade-teller N74160.
- Verbind de uitgangen van de decade-teller met de ingangen A, B, C en D van het hexadecimaal display.
- Verbind T met de 1 Hz van de generatormodul.
- Controleer of de teller decimaal telt.
- Zet de schakelaars S_A t/m S_D in de stand om het getal 3 te kunnen aflezen.
  Hierbij moet I_E = **1 / 0** zijn.
- Verwijder de verbinding met I_E.
  Controleer of de teller vanaf de ingestelde waarde gaat tellen.
- Maak nu een voorinstelling voor het getal 8.
- Laat vanaf dit getal de teller werken.
- Breek de schakeling af.

METEN AAN EEN DOWN-COUNTER

Als besluit van de lessen over tellers, bouwen we een down-counter en gaan daarvan de uitgangsspanningen zichtbaar maken.

- Bouw een asynchrone down-counter, opgebouwd uit vier master-slave JK-flip flop's, op het paneel (zie schema blad D23.5).
- Sluit de 10 kHz uitgang van de generator op de T-ingang van de eerste master-slave JK-flip flop aan.
- Maak op de dubbelstraaloscilloscoop zichtbaar de spanningen op T, $\overline{1Q}$, $\overline{2Q}$, $\overline{3Q}$ en $\overline{4Q}$ en teken deze spanningen hieronder.

Om deze spanningen juist te kunnen tekenen, is een goede triggering van de oscilloscoop erg belangrijk.
Trigger de oscilloscoop altijd op de laagste frequentie.



SAMENVATTING

- *Tellerschakelingen* kan men onderscheiden in:

  - *Synchrone* schakelingen. Daarbij krijgen *alle* flip-flops hetzelfde kloksignaal toegevoerd, zodat ze alle op hetzelfde moment van toestand veranderen.
  - *Asynchrone* schakelingen. Daarbij geeft de ene flip-flop het signaal door aan de volgende, deze weer aan de daarop volgende, enzovoort. Vanwege de traagheid van elke schakeling veranderen de toestanden van de flip-flop's nu niet op precies hetzelfde moment.

- *Tellers* zijn te onderscheiden in:

  - *Op*-tellers of *up*-counters. Deze tellen de toegevoerde impulsen op (1, 2, 3, enz.).
  - *Af*-tellers of *down*-counters. Deze tellers tellen de toegevoerde impulsen af (9, 8, 7, enz.).
  - *Op*- en *neer*-tellers of *up*- en *down*-counters, die zowel op als af kunnen tellen.

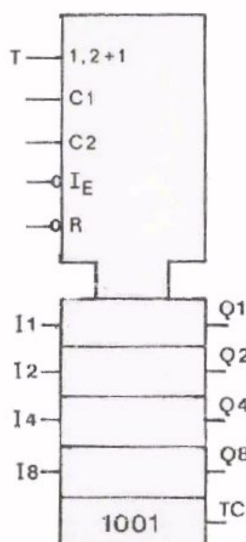
- Een *decade-teller* is een teller die tot 10 telt (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9) en daarna weer van voren af aan begint.
  Deze teller geeft het getelde cijfer aan zijn uitgangen binair weer.

- Een decade-teller is uit vier JK-flip flop's samen te stellen.
  Vier JK-flip flop's tellen tot 16. Er moeten daarom speciale maatregelen genomen worden om te zorgen dat deze teller maar tot 10 telt.

- Door drie geschikte (of speciale) decade-tellers te combineren, kan men een *drie decaden-teller* verkrijgen.
  Deze telt dan tot $10^3 = 1000$, dus tot en met 999.
  Aan de uitgang van iedere decade-teller verschijnt het binaire getal in BC-code.

- Meestal wil men het resultaat van het tellen decimaal kunnen aflezen. Geeft een teller het resultaat bijvoorbeeld in BCD-code weer, dan kan dit met behulp van een decodeerschakeling (decoder) omgezet worden, zodat een cijferindiactorbuis, een "7-segment- of een 13-segment display" het decimale cijfer weergeeft.

● DE DECADE-TELLER N74160



+1 - De aan "+ 1" toe te voeren impulsen worden geteld als C1 = 1 en C2 = 1.

R - Bij "0" aan de reset-ingang, wordt de uitgang Q1 = 0, Q2 = 0, Q4 = 0 en Q8 = 0.

TC - Worden negen impulsen aan "+ 1" toegevoerd dan ontstaat Q1 = 1, Q2 = 0, Q4 = 0 en Q8 = 1, maar ook TC = 1.

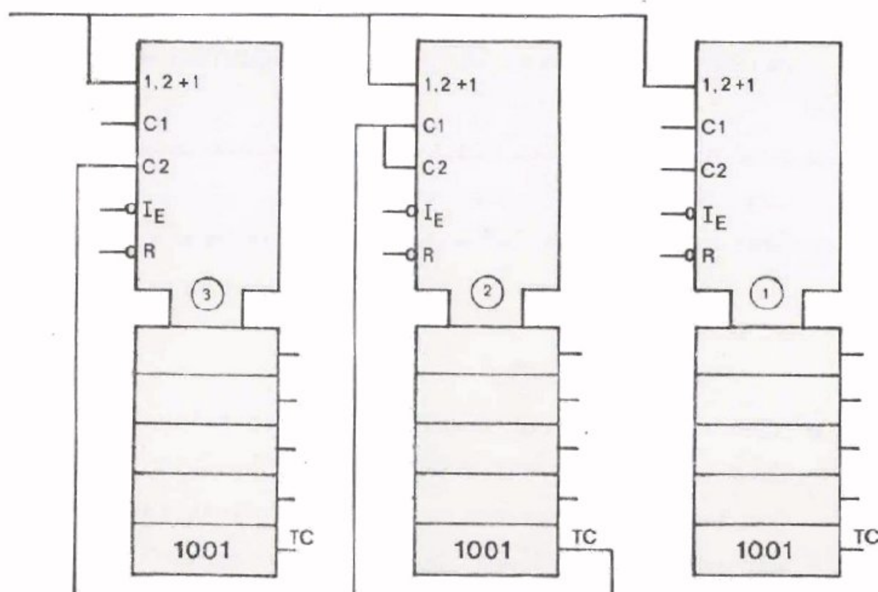
- Na de 10^e impuls ontstaat $Q_1 = 0$, $Q_2 = 0$, $Q_4 = 0$ en $Q_8 = 0$, maar ook TC = 0.
De kortstondige TC = 1 is nodig om bijvoorbeeld een "tiental" door te geven aan een volgende decade-teller, voor bijvoorbeeld tientallen.

C1, C2 - Deze ingangen zijn nodig om met drie van deze tellers een "teller tot 1000" te kunnen maken, een zogenaamde "drie-decaden teller.

I_E - De I_E-ingang dient om de teller een bepaalde telstand te kunnen geven. Worden aan de I-ingangen, bijv. I1 = 1, I2 = 0, I4 = 1 en I8 = 0 toegevoerd, dan ontstaat bij $I_E = 0$ de uitgangstoestand die gelijk is aan de ingangstoestanden van I. (Q1 = 1, Q2 = 0, Q4 = 1 en Q8 = 0).

I_E noemt men de "input-enable" (in staat stellen).
De teller kan in een gewenste toestand gebracht worden, zodra $I_E = 0$ gemaakt wordt.

● Schema van een *drie decaden-teller*.

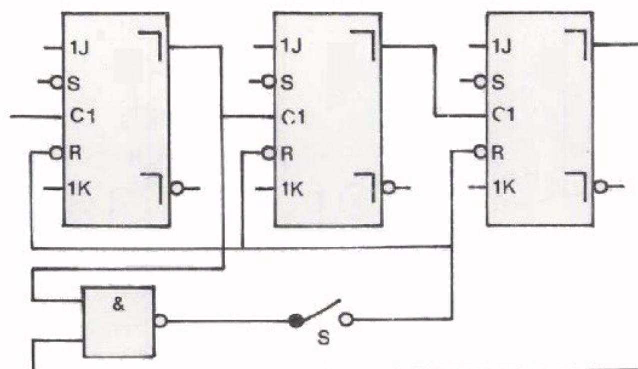


NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1.

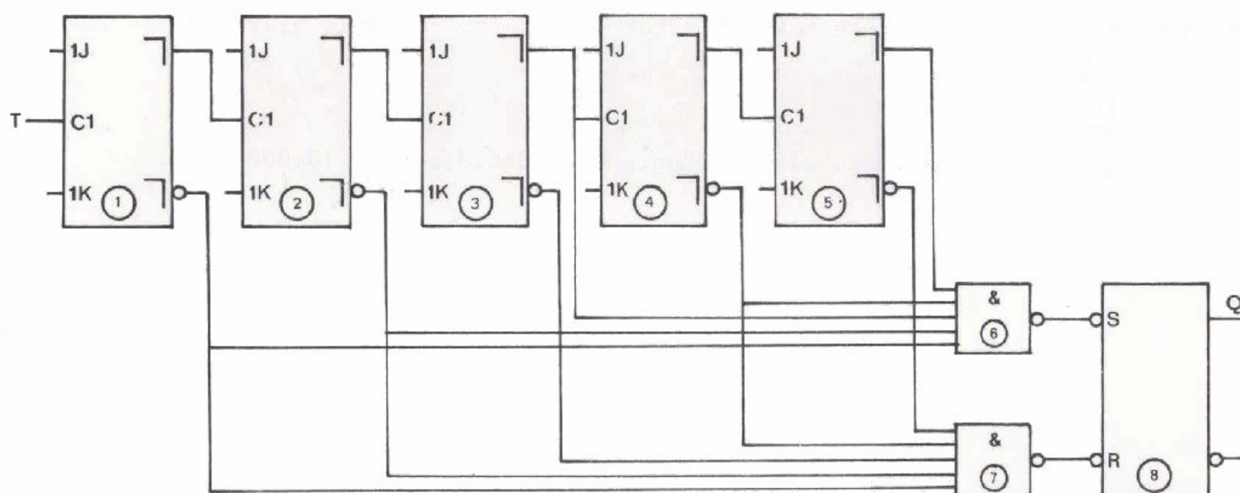


Dit is een teller met 3 JK-flip flop's.

Deze teller kan zonder reset signaal (S open) tellen tot

met reset signaal (S gesloten) tellen tot

2.

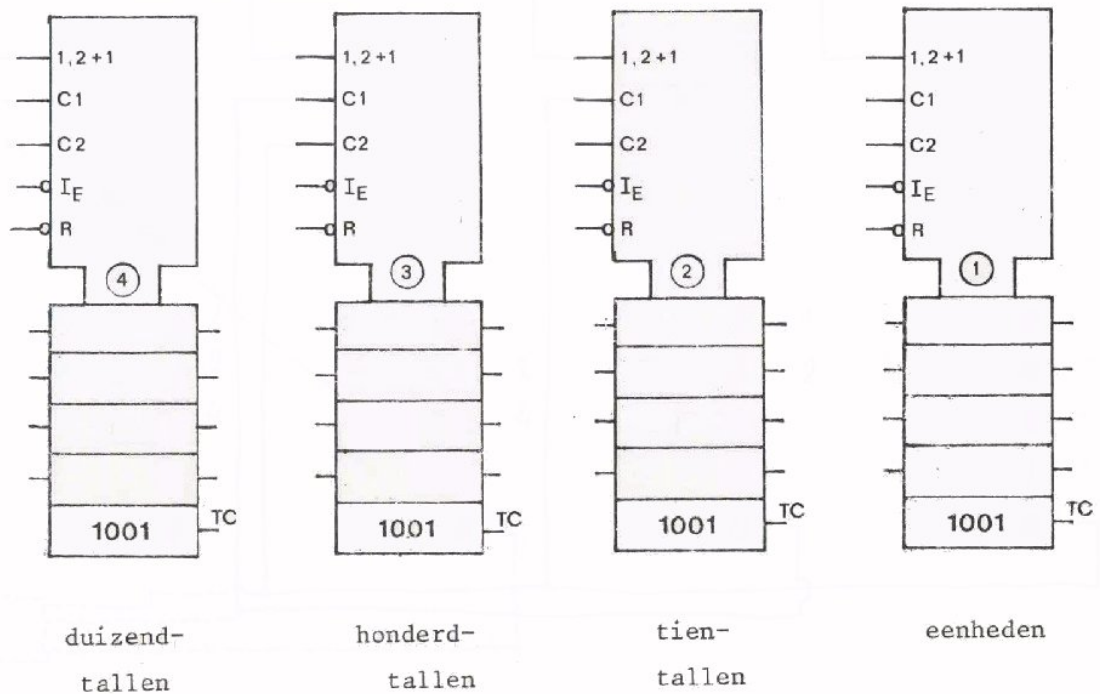


Van bovenstaande teller is het kloksignaal T een impulsspanning met een frequentie van 1 Hz.

Na hoeveel seconden wordt de SR-flip flop geset? 8Q = 1 s

Na hoeveel seconden wordt de SR-flip flop gereset? 8Q = 0 s

3. Elk van onderstaande decade tellers telt het aan +1 toegevoerde aantal impulsen als bovendien C1 = 1 en C2 = 1.



- Breng hierboven de verbindingen aan om van drie "decade-tellers" een schakeling te maken die tot 1000 telt. (Gebruik hiervoor de decade-tellers 1, 2 en 3).

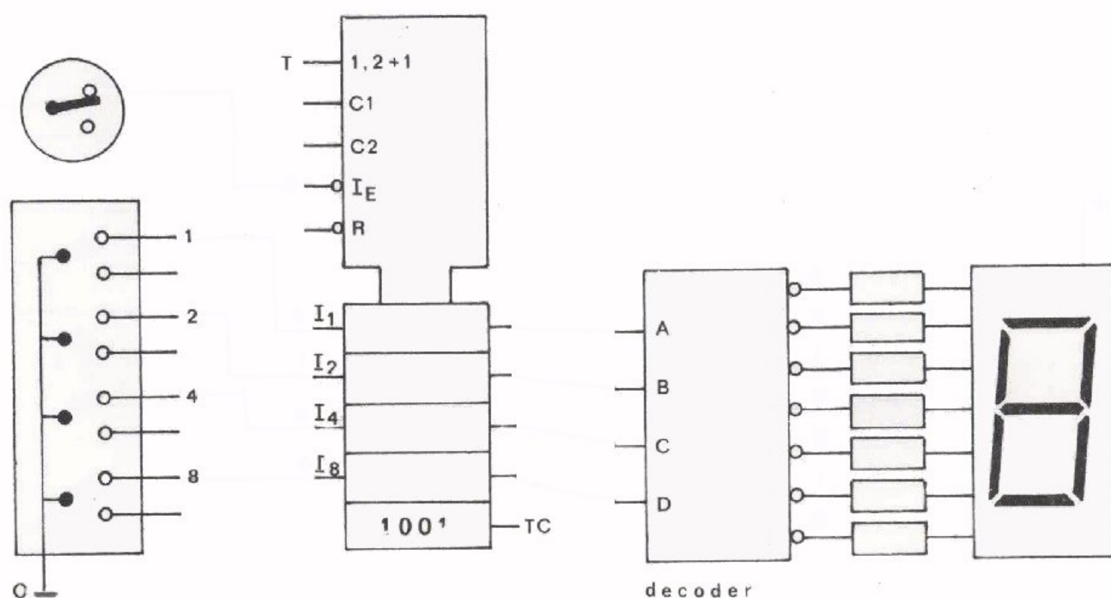
- Breid de schakeling zodanig uit, dat deze tot 10.000 telt.

- Vermeld vervolgens bij elk van de uitgangen de toestand "0" of "1", indien na het toevoeren van een reset-impuls aan de R-ingangen 7638 impulsen aan T zijn toegevoerd.

NAAM:

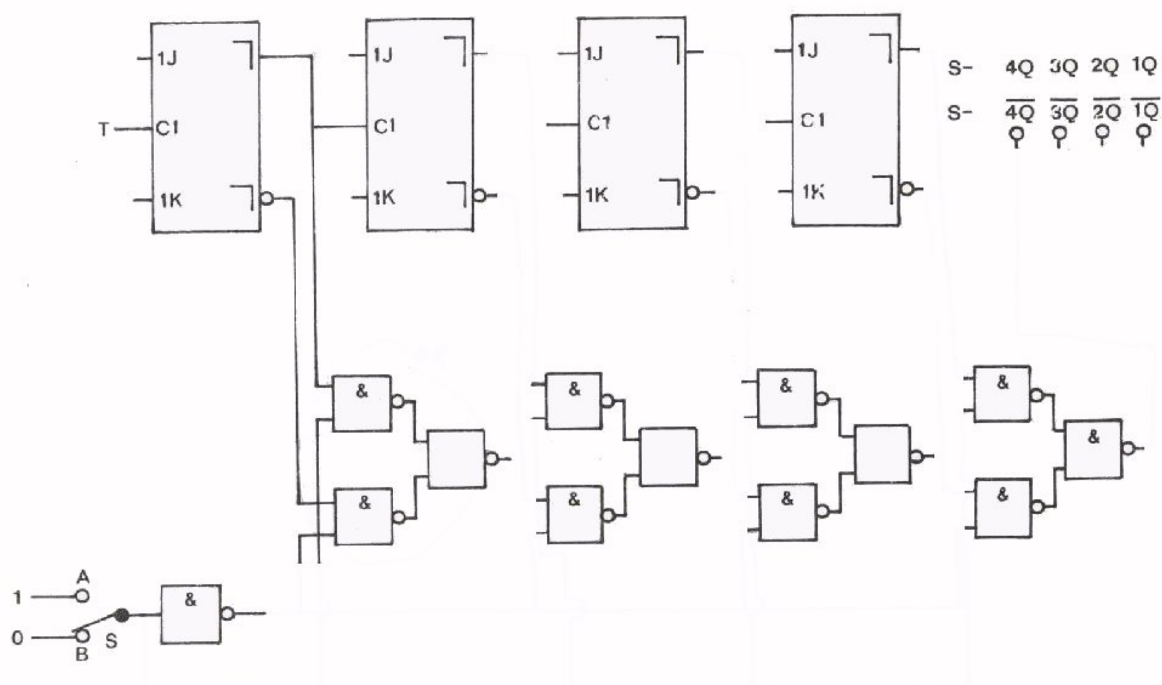
KLAS:

4. Onderstaande decade-teller is uitgevoerd met een duimwielschakelaar om de teller een voorinstelling te geven en een decoder om uit te kunnen lezen.



- Breng hierboven de verbindingen aan, om de teller te laten starten bij "2". Zet daarbij de schakelaars in de juiste stand. Vermeld bij alle ingangen en uitgangen de toestand "0" of "1" indien de teller ingesteld moet worden.

5. Maak onderstaande schakeling zodanig af, dat een asynchrone up- en down-counter ontstaat.



Met schakelaar S in stand A telt de schakeling **OP / NEER**

Met schakelaar S in stand B telt de schakeling **OP / NEER**

D 24

H E R H A L I N G

INLEIDING

In de voorafgaande lessen over digitale schakelingen zijn de volgende onderwerpen aan de orde geweest:
Blokvormige spanningen en verbeteren van impulsvormige spanningen.
Hierbij werden de astabiele en de monostabiele multivibrator en de Schmitt-trigger behandeld.
Verder: Digitale opnemers.
Tijdsinvloeden in digitale systemen.

We hebben het binaire talstelsel bekeken en decimale getallen omgezet in binaire getallen en omgekeerd.
We hebben in deze talstelsels gerekend.
De Master-slave JK-flip flop hebben we uitvoerig besproken. We hebben met deze flip-flop's tellers gemaakt.
Decodeerschakelingen - cijferindicatiebuis, "7 segment display" en hexadecimaal display kwamen in één van de lessen aan de orde.

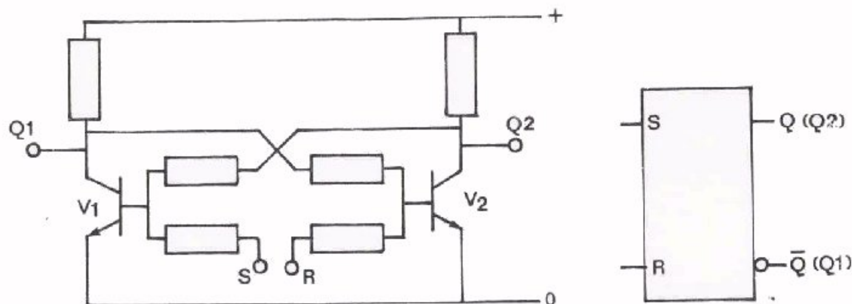
Aan duimwielschakelaars hebben we aandacht besteed.
Uiteindelijk hebben we tellers en de decadeteller besproken.
In deze herhalingsles gaan we dit nog eens in het kort herhalen.

IMPULSVORMIGE SPANNINGEN

BI-STABIELE MULTIVIBRATOR

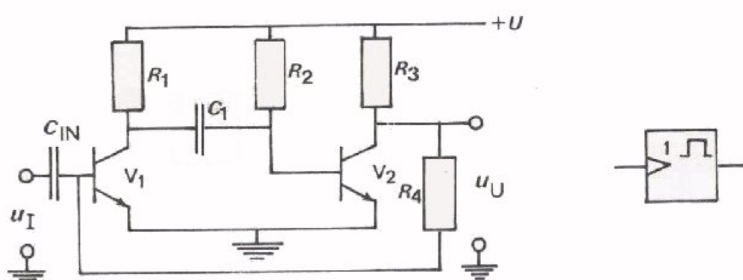
De bistabiele multivibrator komt overeen met de 2-NOR flip-flop.

De SR flip-flop kan als geheugen dienst doen.



S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0
0	0	?	?

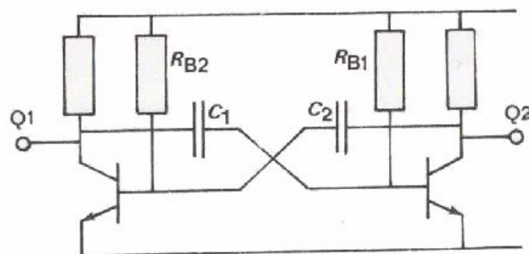
MONOSTABIELE MULTIVIBRATOR of ONE SHOT



Deze schakeling levert een positieve impuls op de uitgang als op de ingang een spanningsverandering van "0" naar "1" plaats vindt.

De impulsduur hangt af van het produkt R_2C_1.

A-STABIELE of VRIJLOPENDE MULTIVIBRATOR



De *astabiele multivibrator* wordt gebruikt om blokspanningen op te wekken.

De koppeling tussen de twee trappen vindt plaats door middel van condensators.

De frequentie hangt af van $R_{B1}C_1$ en $R_{B2}C_2$.

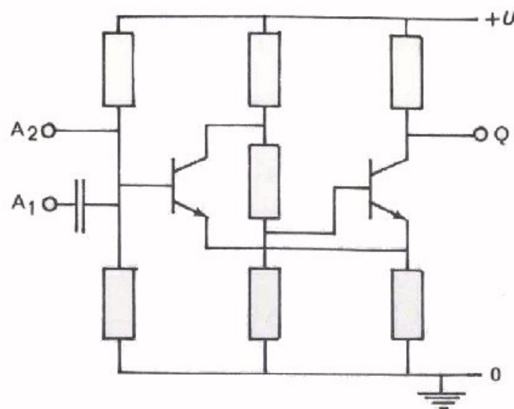
Bij verschillende R_BC-waarden is de periodetijd $T \approx 0{,}7\ R_{B1}C_1 + 0{,}7\ R_{B2}C_2$.

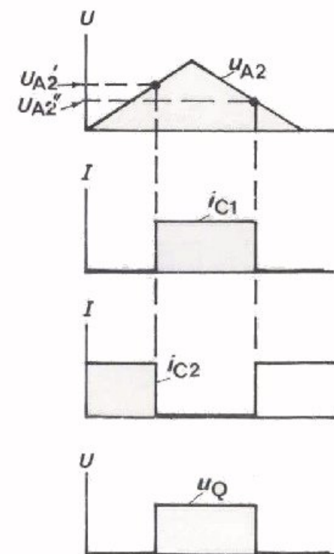
Bij gelijke R_BC-waarden is de periodetijd $T \approx 1{,}4\ R_BC$.

Het symbool voor de astabiele multivibrator is:



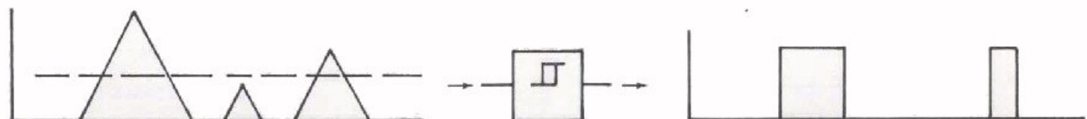
SCHMITT-TRIGGER



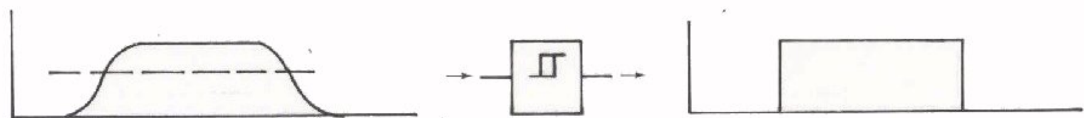


De *schmitt trigger* reageert als U_{A2} boven een bepaald niveau komt, resp. onder een bepaald niveau daalt. Het spanningsverschil tussen U'_{A2} en U''_{A2} noemt men de hysterese.

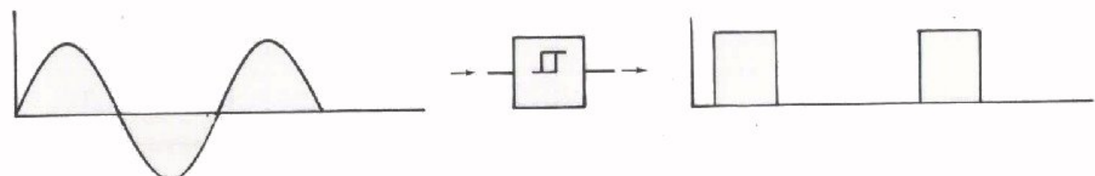
De Schmitt-trigger is ook te gebruiken als niveau-detector, waarbij deze aangeeft of een spanning boven of beneden een bepaald niveau ligt.

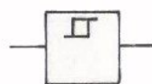


De *Schmitt-trigger* wordt gebruikt om een spanning met onvoldoende flanksteilheid te veranderen in een spanning met steile flanken.

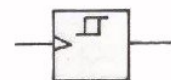


De *Schmitt-trigger* kan ook dienen om van een niet-blokvormige spanning een blokvormige spanning te maken.





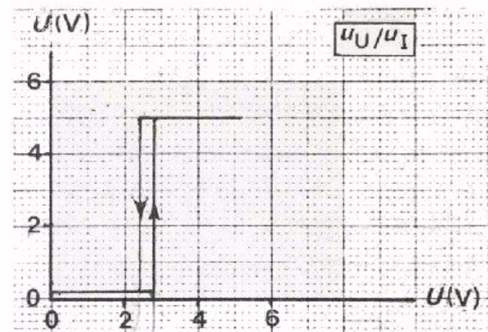
Schmitt-trigger met statische ingang

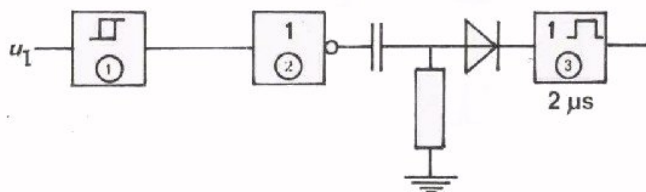


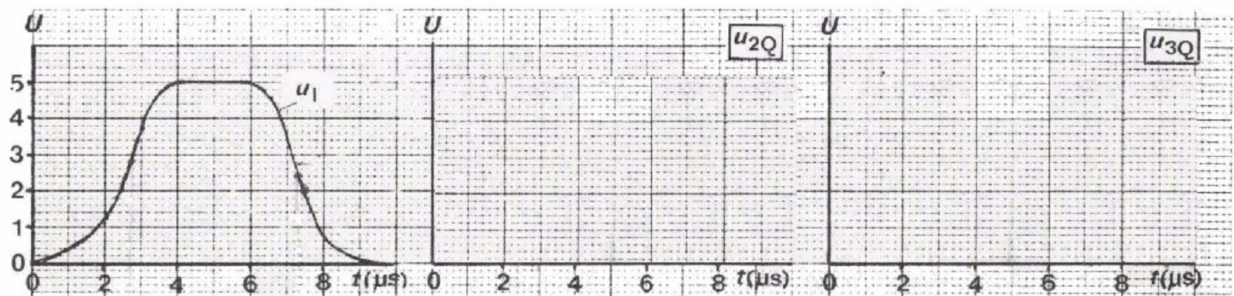
Schmitt-trigger met dynamische ingang

TEST UZELF

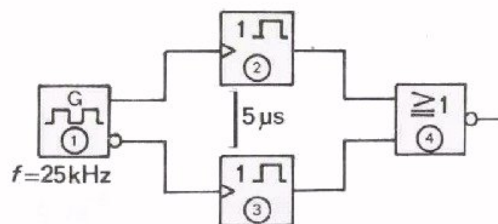
1. Schets voor onderstaande schakeling de spanningen op 2Q en 3Q. Geef voor u_I duidelijk de tijden aan waarbij de niveau-detector omklapt.



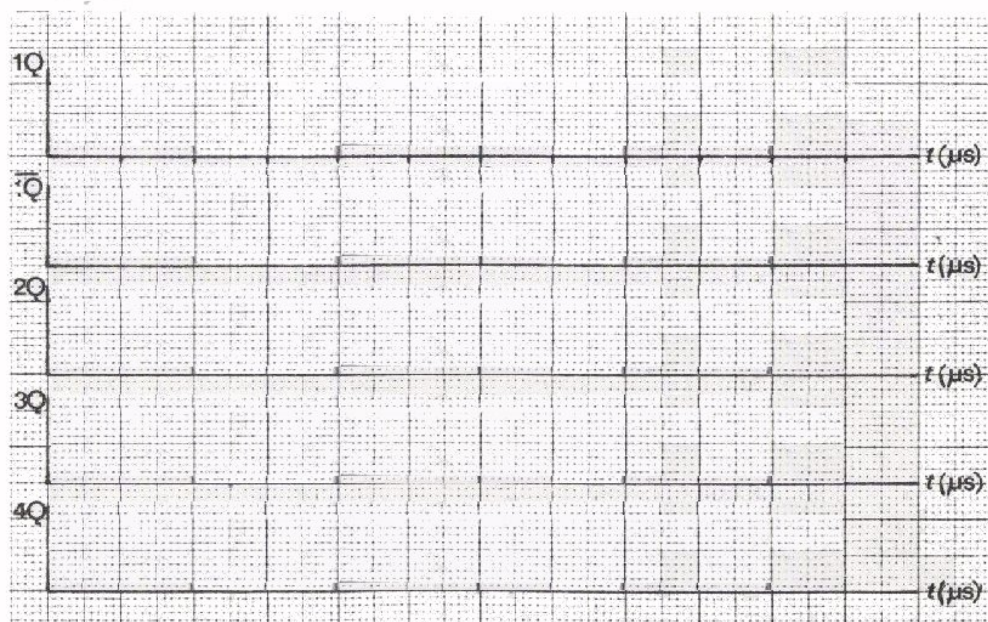




2.



De astabiele multivibrator is symmetrisch.
Teken het verloop van de signalen op 1Q, $\overline{1Q}$, 2Q, 3Q en 4Q.



DIGITALE OPNEMERS

Opnemers kunnen we splitsen in mechanische opnemers en elektrische opnemers.
Een aantal mechanische opnemers zijn:

Werkend op:	kracht	tuimelschakelaar drukschakelaar draaischakelaar microschakelaar eindschakelaar
	magnetisch veld	reed-contact
	hoekverdraaiing	kwik-schakelaar
	druk	mano-contact
	toerental	centrifugaalschakelaar
	temperatuur	bimetaalschakelaar contactthermometer

Voordelen van mechanische opnemers zijn:

- eenvoudig,
- gemakkelijk te begrijpen,
- kunnen vaak direct grote wisselstromen en wisselspanningen schakelen.

Een nadeel van de mechanische schakelaar is het denderen van de contacten.
Het gebruik van een anti-dender schakeling is gewenst.
Vaak gebruikt men hiervoor een SR-flip flop.

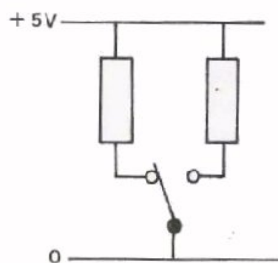
Een aantal elektronische opnemers, met daarbij vermeld de werking waarop ze berusten, zijn:

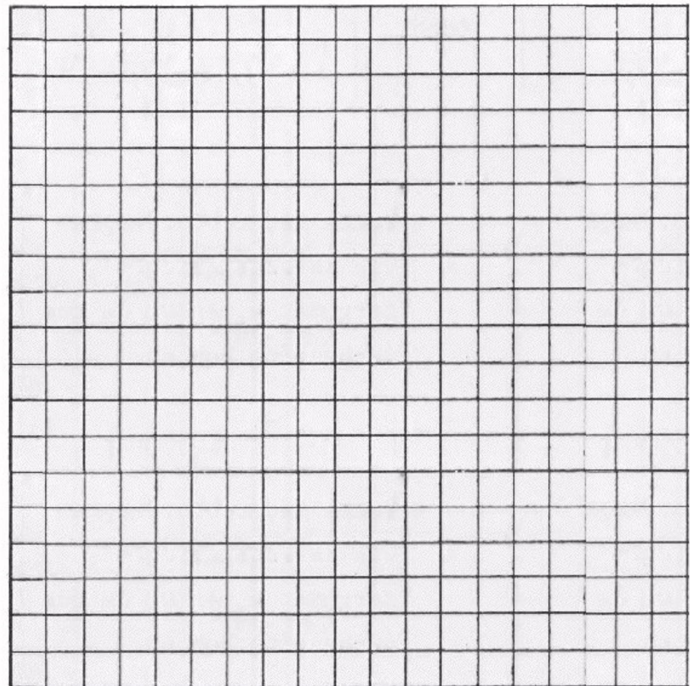
Licht:	Fotodiode cadmium sulfide cel solar cel fototransistor LIP
Geluidstrillingen:	ultrasone opnemer
Aanwezigheid geleider:	inductieve opnemers (EPD, VSO)
Temperatuur:	Pt 100-weerstand thermokoppel
Magnetisch veld:	Hall-generator
Kracht:	rekstrookje

Voordelen van elektronische opnemers zijn:

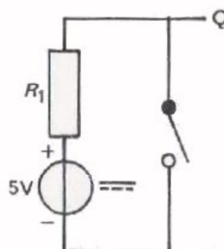
- geen bewegende onderdelen,
- lange levensduur,
- goed bestand tegen atmosferische omstandigheden,
- er zijn elektronische opnemers die veel sneller reageren dan met mechanische opnemers mogelijk is.

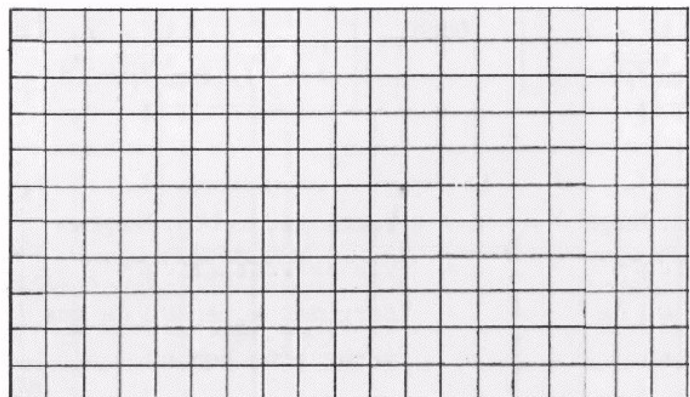
3. Teken bij een omschakelaar een schakeling, zodat het hinderlijk denderen van de schakelaar vermeden wordt.





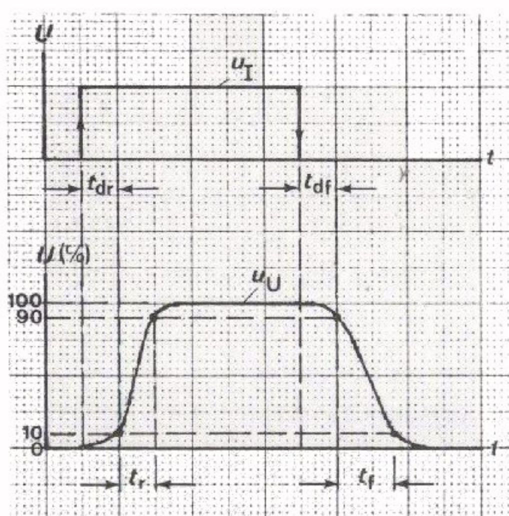
4. Teken voor een schakelaar de spanning op punt Q, nadat op moment t_1 de schakelaar gesloten wordt.





TIJDSINVLOEDEN

- Een signaal heeft voor het doorlopen van een schakeling altijd enige tijd nodig. Dus elke schakeling heeft onvermijdelijk enige vertraging van de te verwerken signalen tot gevolg.
  - Condensators en parasitaire capaciteiten (het kost tijd om een *C* te laden of te ontladen).
  - Spoelen en zelfinductie van geleiders (het kost tijd om stroom in een geleider met zelfinductie te laten toe- of afnemen).
  - Dioden en transistors.
- Bij het doorlopen van een schakeling wordt een impuls enigszins vervormd en vertraagd. Hierbij onderscheidt men de volgende begrippen:



t_{dr} = stijg- vertragingstijd

t_r = stijgtijd

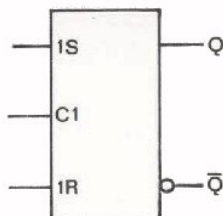
t_{df} = afval- vertragingstijd

t_f = afvaltijd

Hierin is d = delay = vertraging
r = rise = stijgen
f = fall = afvallen

- In digitale systemen zijn vertragingen vaak *ongewenst*. Zij kunnen namelijk impulsen veroorzaken op punten waar deze niet behoren te ontstaan. Door vertraging ontstane stoorimpulsen kunnen vooral aan de ingang van geheugenschakelingen (zoals flip-flop's) ongewenste gevolgen hebben.

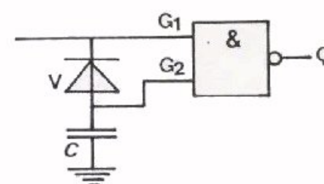
- Door klokimpulsen te gebruiken worden de gevolgen van optredende stoorimpulsen zoveel mogelijk vermeden.



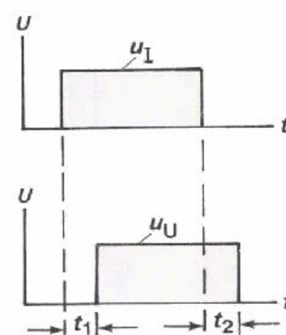
Men heeft b.v. SR-flip flop's die slechts op een ingangssignaal kunnen reageren als tegelijkertijd op de ingang een klokimpuls aanwezig is.
Men hoeft er bij het toepassen van klokimpulsen slechts voor op te passen dat de stoorimpulsen niet tijdens de klokimpulsen optreden.

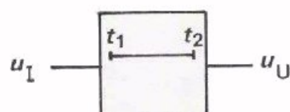
- In digitale schakelingen maakt men vaak gebruik van vertragingen. Er is dan sprake van *gewenste* vertragingen. Deze zijn onder andere te verkrijgen:

- Door het aanbrengen van een vertragings-C met diode.
- Door het toepassen van een *one-shot* als vertragende schakeling, indien de gewenste vertraging niet al te groot is.
- Door het toepassen van een vertragingselement als vertragende schakeling in geval van grote vertraging.

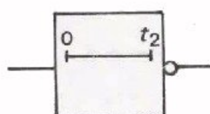


- Hiernaast een voorbeeld om met behulp van een diode en een C een extra vertraging van de stijgende impulsflanken te verkrijgen in geval van DTL- of TTL-NAND's. Het kost extra tijd om de spanning over de C te laten stijgen.

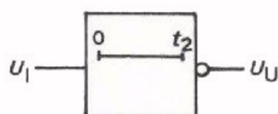


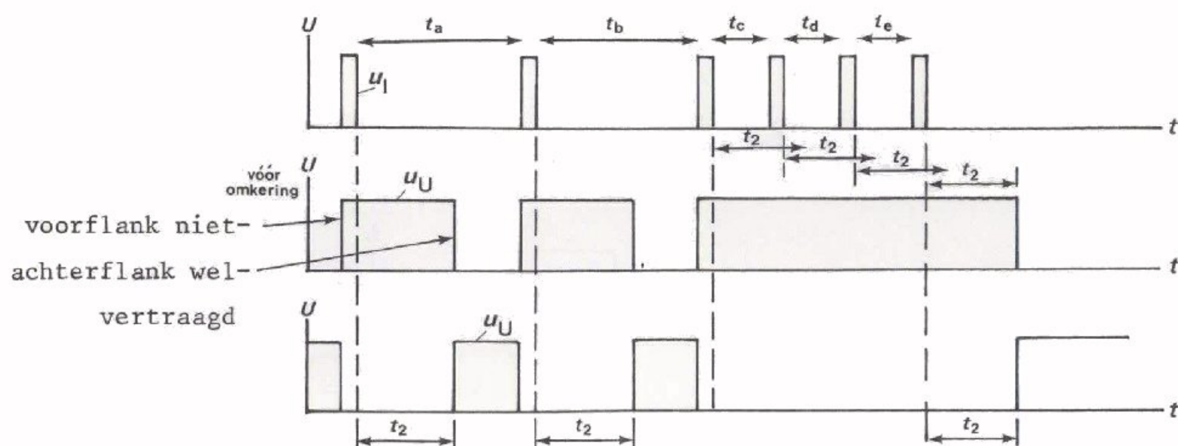
- 

Hierboven het symbool voor een *niet* omkerend vertragingselement. De stijgende flank van de ingangsimpuls wordt t_1 seconde vertraagd, de dalende flank van de ingangsimpuls wordt t_2 seconde vertraagd.



Links het symbool voor een *wel* omkerend vertragingselement. Hier wordt de stijgende flank van de ingangsimpuls niet vertraagd. Voor de vertraging t_2 van de dalende flank van de ingangsimpuls geldt: $t_2 = RC$. De R en C worden uitwendig aangebracht. Sommige vertragingselementen zijn oppompbaar. Wat dit inhoudt, blijkt uit de grafieken op het volgende blad.

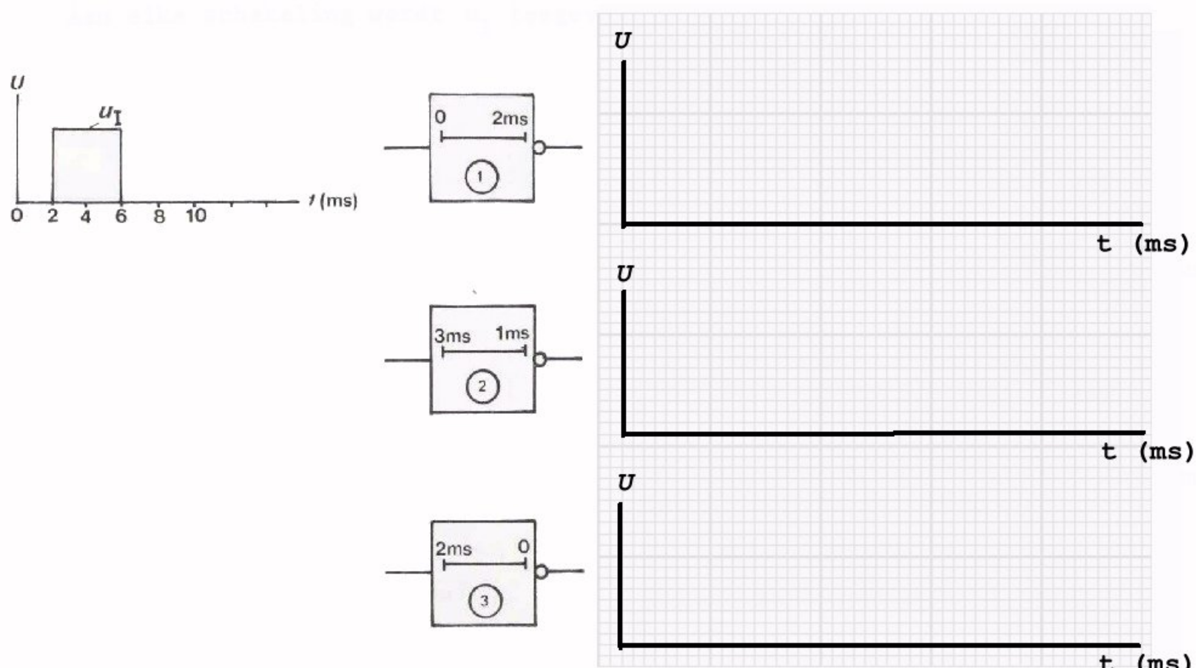




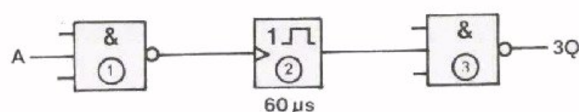
De vertraging start telkens opnieuw als een negatieve impulsflank wordt aangeboden. Dit geldt ook als de vertragingstijd t_2 nog niet beëindigd is, dus in de gevallen t_c, t_d en t_e.

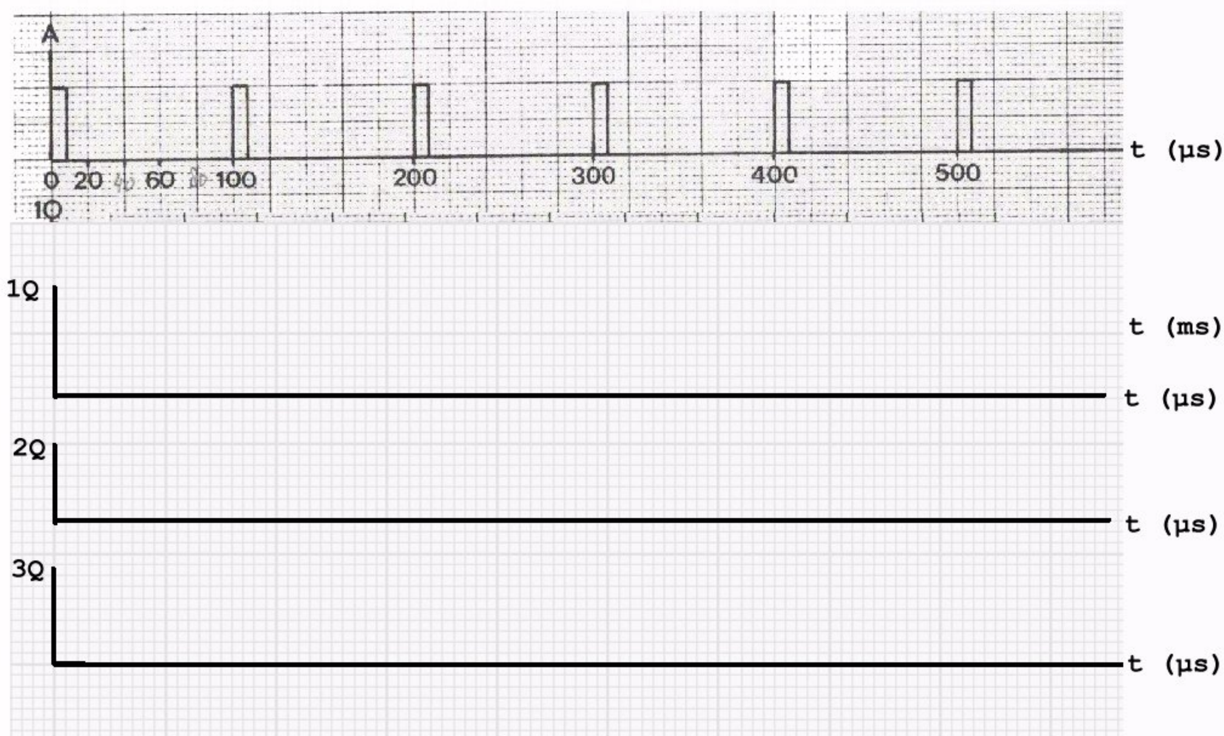
- Twee praktische toepassingen van vertragingselementen zijn:
  - I. Het sluiten van een liftdeur enige tijd nadat de laatste passagier is ingestapt.
  - II. Het stoppen van een automatische installatie voor het vullen van flessen nadat een gegeven aantal malen een lege fles heeft ontbroken.

5. Teken het uitgangssignaal van elk van de volgende schakelingen.
Aan elke schakeling wordt u_I toegevoerd.



6. Maak de tijd-volgorde diagrammen van onderstaande schakeling verder af.

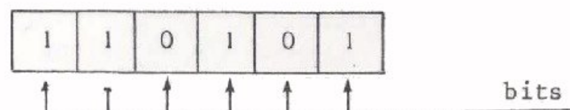




BINAIR REKENEN

In tel- en rekenmachines gebruikt men het *binaire*- of *tweetallige stelsel*.

De plaats of positie die een cijfer inneemt in een binair getal, noemen we een *bit*. Het is een afkorting van *bi*naire digi*t*.
Elk bit van een binair getal bevat één cijfersymbool, 0 of 1.
Het binaire getal 110101 bestaat uit zes bits.



In het binaire talstelsel zijn de gewichten van de cijfers, van rechts naar links, machten van 2:

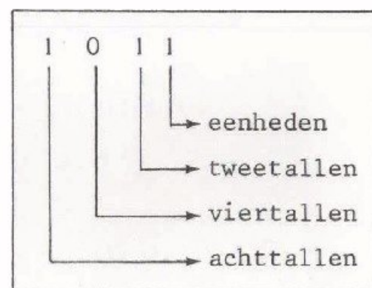
$2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4$, enz.

We nemen als voorbeeld het binaire getal 1011, dat overeenkomt met het decimale getal 11.

1 0 1 1/2 $= 2^3 + 2^1 + 2^0$

$1 \times 2^0 = 1$
$1 \times 2^1 = 2$
$0 \times 2^2 = 0$
$1 \times 2^3 = 8$ +

totale decimale waarde: 11



OPTELLEN

```
       1  1  1  1
    1  1  1  1  0   +
   ----------------
    1 10 10 10  1
    1← 1← 1←
   ----------------  +
   10  1  1  0  1
  1←
  ------------------ +
  1  0  1  1  0  1
```

Als 1 en 1 wordt opgeteld, ontstaat 10; de "1" hiervan noemt men de *carry*.
Deze "1" moet onthouden worden voor het volgende cijfer.

AFTREKKEN

1	1	1	1	1	0	
	1	0	1	0	1	−
1	0	1	0	0	1	

Als 1 van 0 afgetrokken moet worden, gaat dit niet. Men moet de naastliggende "1" lenen. Deze noemt men de *borrow*.

VERMENIGVULDIGEN

			1	0	1	1	0	1	1	1	
							1	0	0	1	×
			1	0	1	1	0	1	1	1	
1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	

Eén plaats opschuiven betekent met 2^1 vermenigvuldigen.

n plaatsen opschuiven betekent met 2^n vermenigvuldigen.

ANDERE TALSTELSELS

- *Octaal- of achttallig stelsel:*

101001111/2 =	101	001	111 /2	=	517 /8
	5	1	7		
binair	octaal/binair gecodeerd				octaal

Het "binaire gecodeerde" getal in het achttalig stelsel wordt net zo geschreven als het binaire getal.

In het achttallig stelsel gebruikt men slechts acht symbolen.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7.

- *Hexadecimale- of zestientallig stelsel:*

101101001111 /2	=	1011	0100	1111/2	= B4F /16
		B	4	F	
binair		hexadecimaal, binair gecodeerd			zestientallig

In het zestientallig stelsel gebruikt men zestien symbolen.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. A, B, C, D, E en F.

Deze symbolen komen achtereenvolgens overeen met de getallen 0 t/m 15 in het decimale stelsel.

- *BCD-code*:

1101100001 /2	=	1000 0110 0101 /BCD	=	865 /10
		8 6 5		
binair		BCD-code		decimaal

De gebruikte symbolen zijn:

Ieder decimaal cijfer wordt steeds met vier bits geschreven. De eerste "nullen" van de cijfers 0 t/m 7 worden *nooit* weggelaten.

0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

7. Tel onderstaande binaire getallen op.

```
10101        11011        11111        111111
 1111 +       1110 +      11111 +           1 +
```

8. Trek volgende binaire getallen van elkaar af.

```
10000        11011        10001        111111
 1010 -        110 -       1111 -       11111 -
```

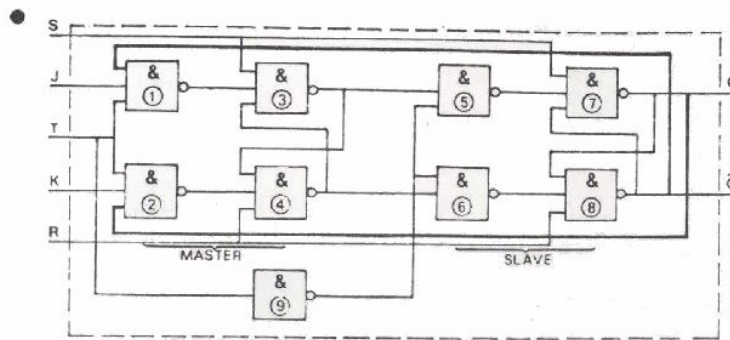
9. Maak onderstaande binaire vermenigvuldigingen.

```
110          110          110          1010
 11 x        101 x       1100 x         111 x
```

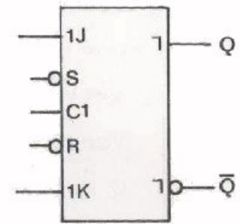
10. Maak onderstaande tabellen compleet:

decimaal	binair	BCD	8-tallig	16-tallig
999				
	1010101			
		1000 0100 0010		
			7777	
				CDE

DE MASTER-SLAVE JK-FLIP FLOP



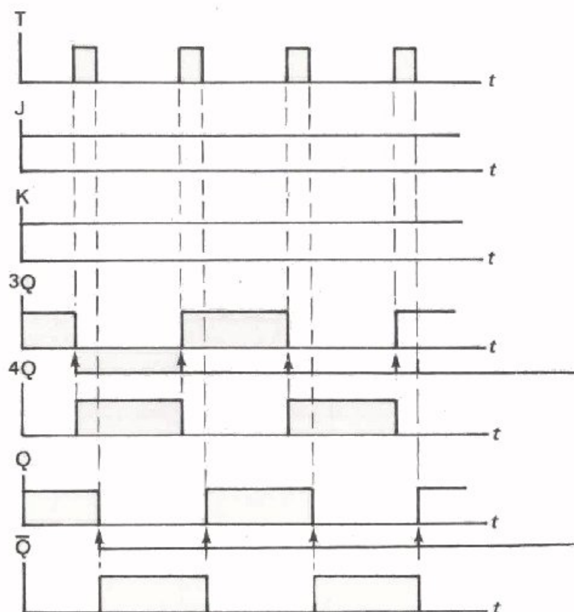
Schema symbool



J	K	T	Q	Q
0	1	1		
0	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1
1	1	0	1	0
0	0	1	1	0
0	0	0	1	0
0	0	1	1	0

De 1 van 1J en 1K duiden erop dat deze ingangen alléén van invloed zijn tijdens de klokimpuls (C1 = 1). Als J = K = 1 en T = 1, dan zal de master geset worden. Gaat T van 1 naar 0, dan wordt de uitgang het tegengestelde van de vorige toestand.

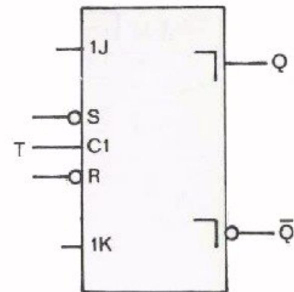
- Tijd-volgorde diagrammen als continu J = 1 en K = 1 wordt toegevoerd.



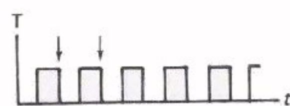
momenten waarop de master verandert.
(op stijgende flank van T).

momenten waarop de slave verandert.
(op dalende flank van T).

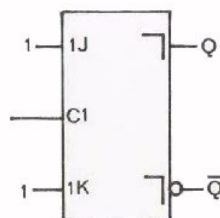
- De master-slave JK-flip flop's zijn voorzien van speciale S en R-ingangen. Deze ingangen kunnen onafhankelijk van de kloksignalen worden bediend. Voeren we aan R "0" toe, dan wordt $Q = 0$ en $\overline{Q} = 1$, de flip flop wordt gereset. Voeren we aan S "0" toe, dan wordt $Q = 1$ en $\overline{Q} = 0$, de flip flop wordt geSet.

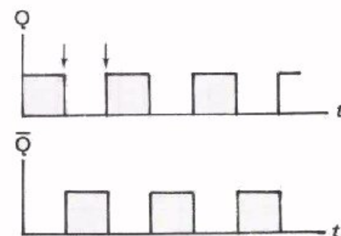


- De master-slave JK-flip flop als *tweedeler*. J en K blijven constant "1".

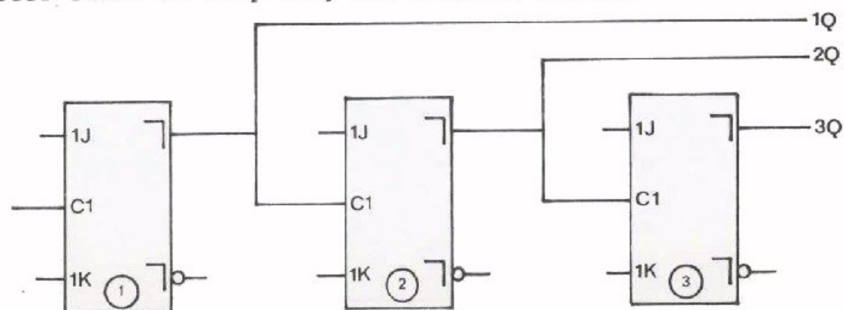


De slave gaat om op de dalende flanken van de klokimpulsen.

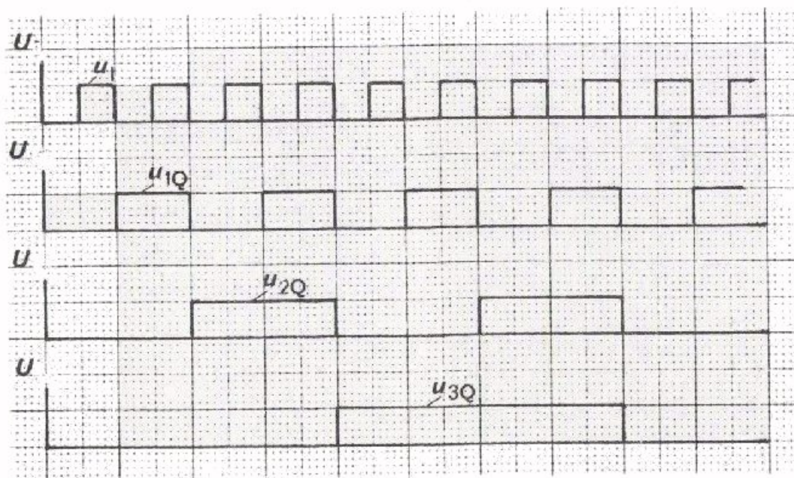




- De master-slave JK-flip flop als binaire teller.



Elke JK-flip flop geeft een uitgangssignaal waarvan de frequentie de helft is van de frequentie van zijn ingangssignaal.

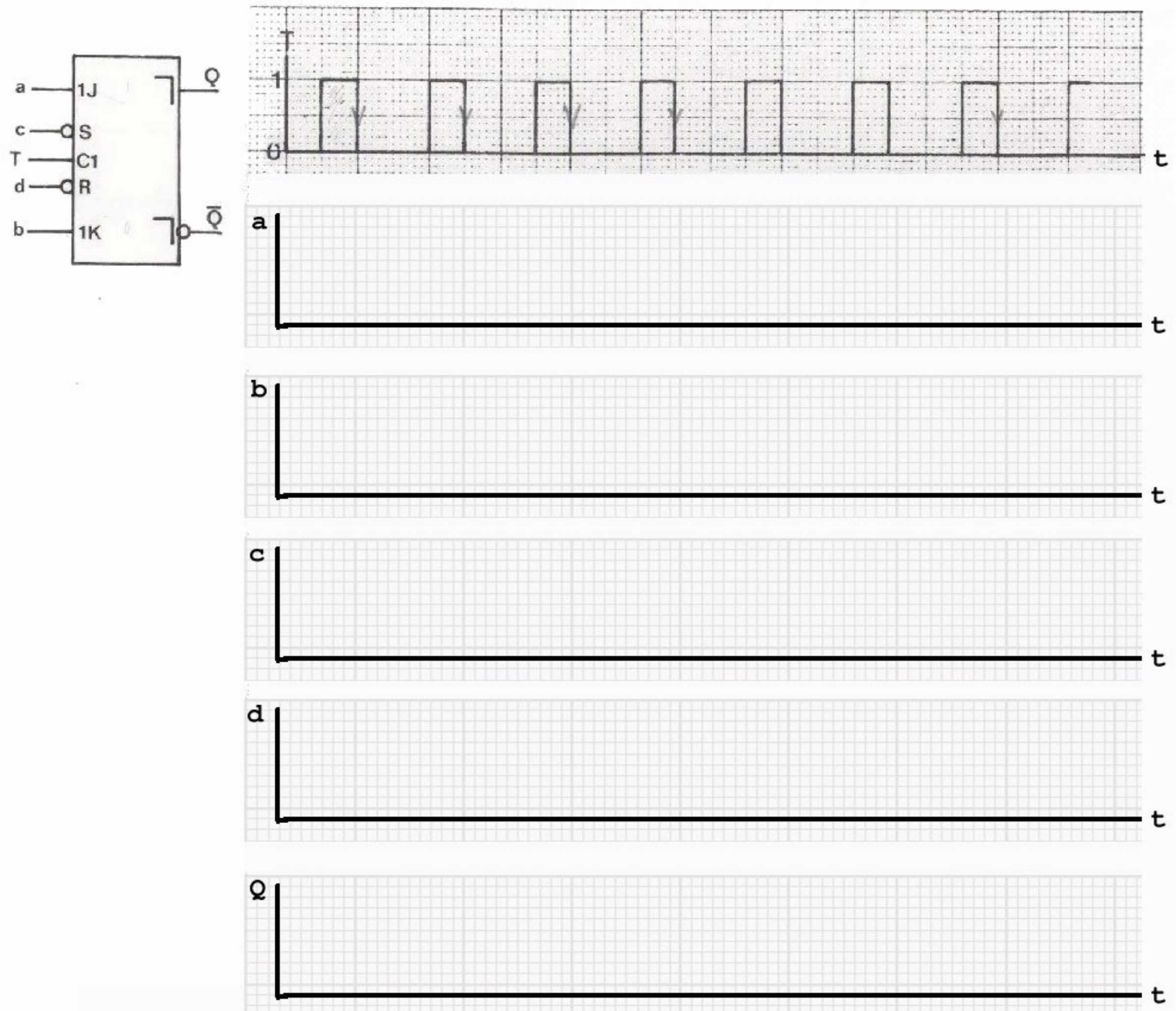


De functie-tabel

3Q	2Q	1Q
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1
0	0	0

TEST UZELF.

11. Maak de tijd-volgorde diagrammen verder af.

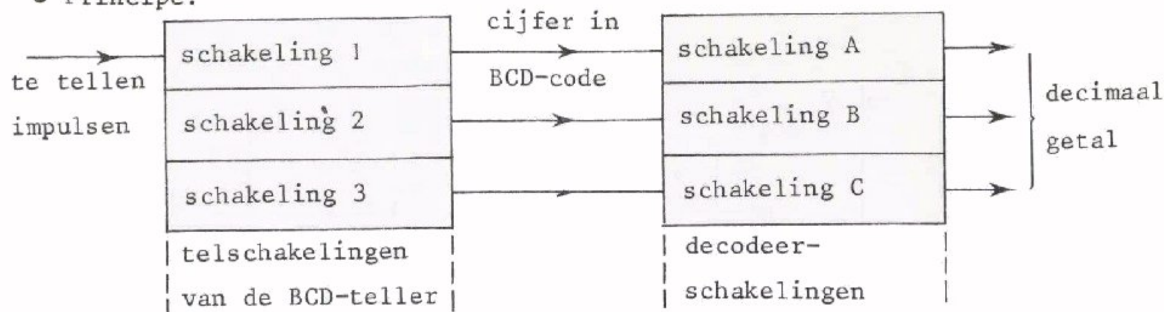


- Vul ook de functie-tabel van de master-slave JK-flip flop in.

a	b	T	c	d	Q	$\overline{Q}$
1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1		
1	0	0	1	1		
1	0	1	1	0		
1	0	0	1	0		
1	0	1	1	1		
1	0	0	1	1		
0	1	1	1	1		
0	0	0	1	1		

TELLEN EN DECODEREN

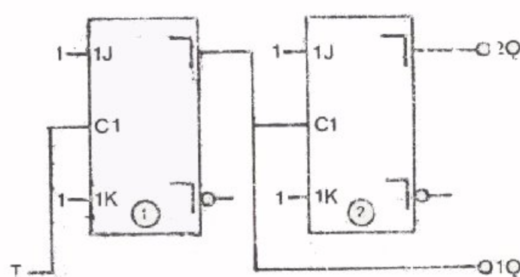
- Principe.



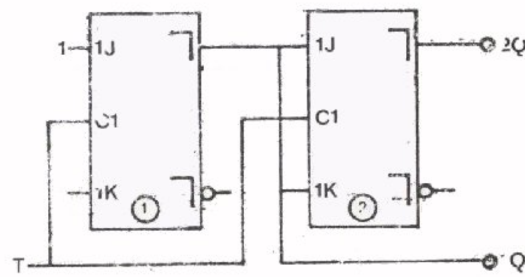
- *Tellerschakelingen* kan men onderscheiden in:

  - *Synchrone* schakelingen. Daarbij krijgen *alle* flip flop's hetzelfde kloksignaal, zodat ze alle op hetzelfde moment van toestand veranderen.

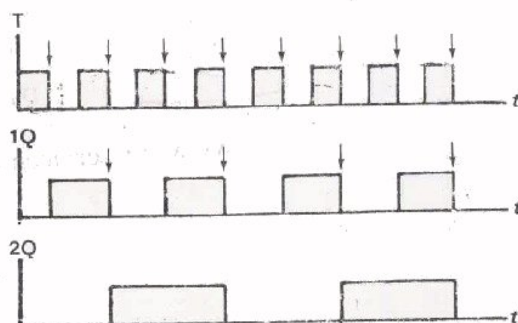
  - *Asynchrone* schakelingen. Daarbij is het uitgangssignaal van de ene flip flop het kloksignaal voor de volgende, enz. Vanwege de traagheid van elke schakeling veranderen de toestanden van de flip flop's niet op precies hetzelfde moment.



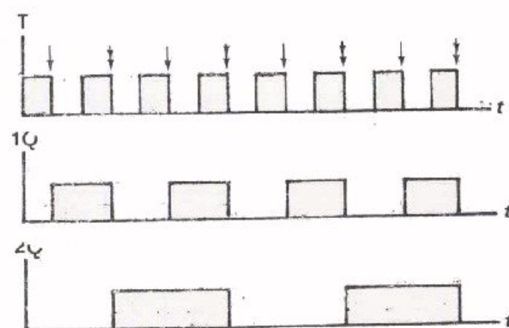
Asynchrone vierdeler



Synchrone vierdeler



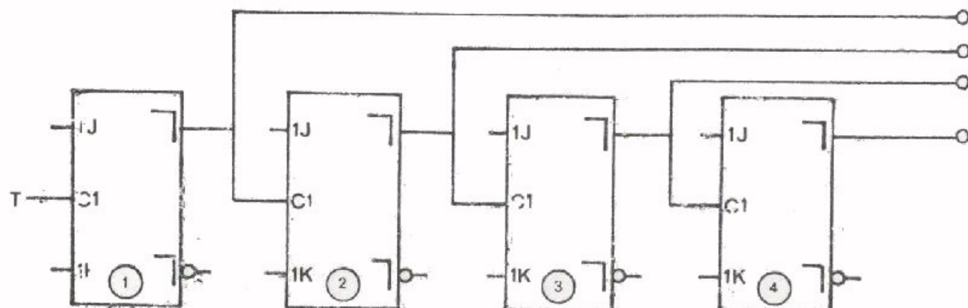
De verandering van 1Q wordt bepaald door T, de verandering van 2Q door 1Q.



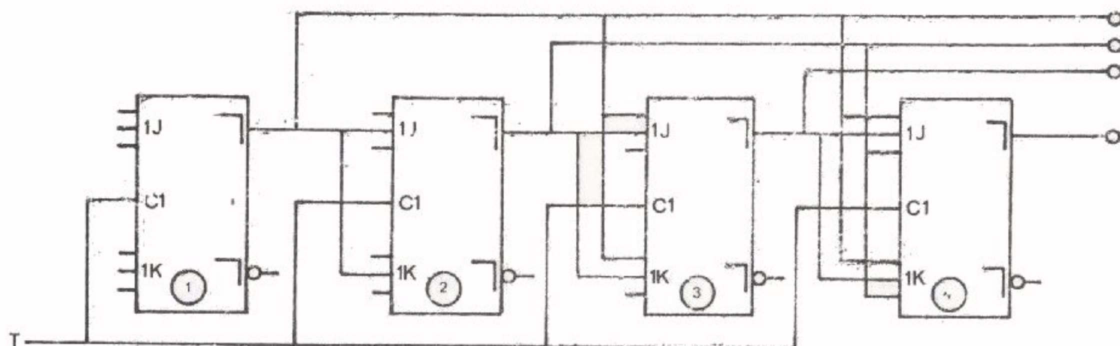
De verandering van 1Q en 2Q worden beide bepaald door de klokimpulsen van T.

UP- EN DOWN-COUNTERS

- Voorbeeld van een asynchrone up-counter (opteller).

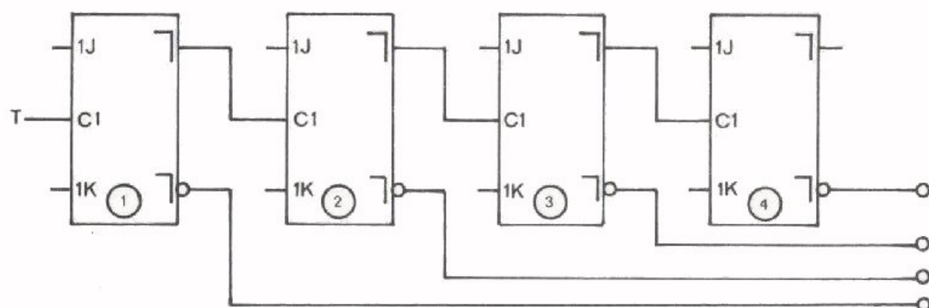


- Voorbeeld van een synchrone up-counter (opteller).

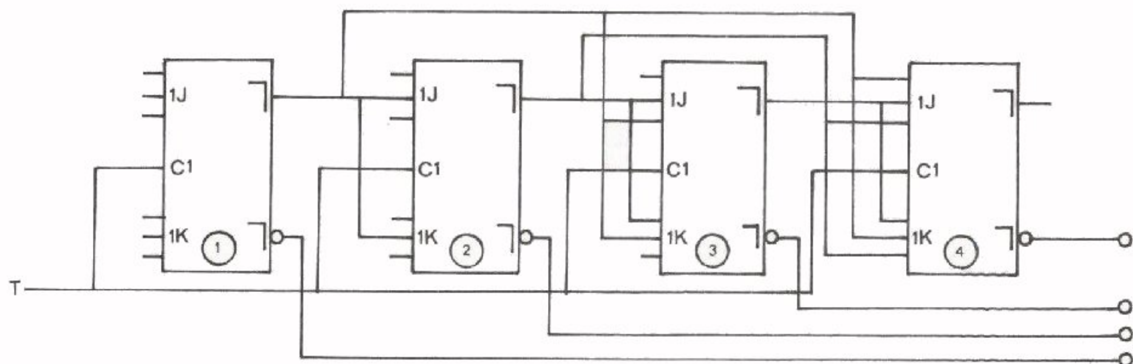


Elke flip flop krijgt de uitgangssignalen van al zijn voorgangers toegevoerd.

- Voorbeeld van een asynchrone down-counter (afteller).

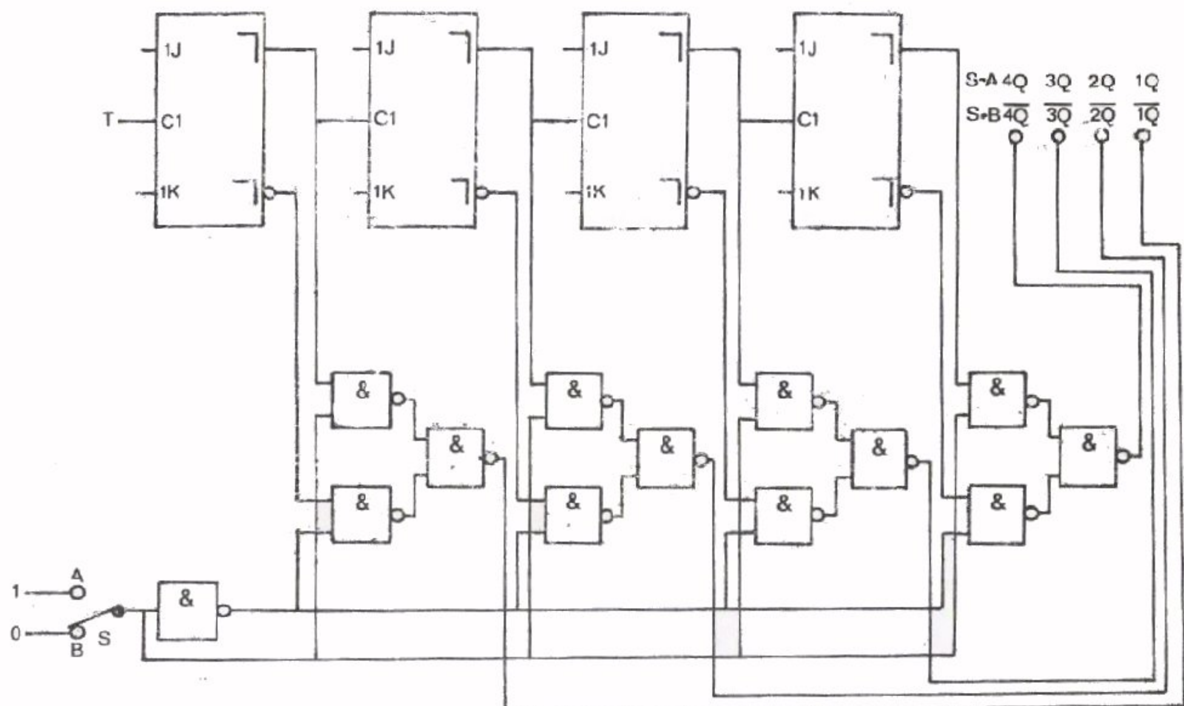


- Voorbeeld van een synchrone down-counter (afteller).



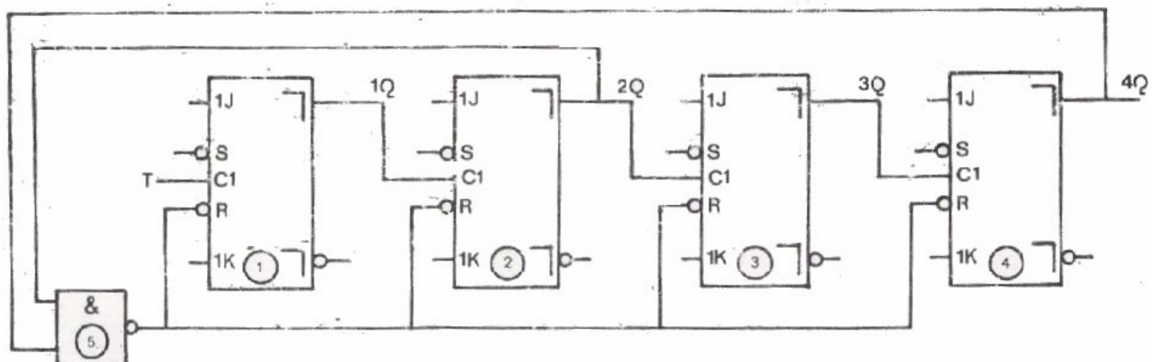
- Bij optellen telt men binair, bijv. 000, 001, ... 110, 111, enz.
- Bij aftellen telt men binair, bijv. 111, 110, ... 001, 000, enz.
- Men kan dit realiseren door bij een teller met JK-flip flop's voor het optellen, de Q-uitgangen te gebruiken en voor het aftellen de $\overline{Q}$-uitgangen.

● *Gecombineerde up- en down-counter.*



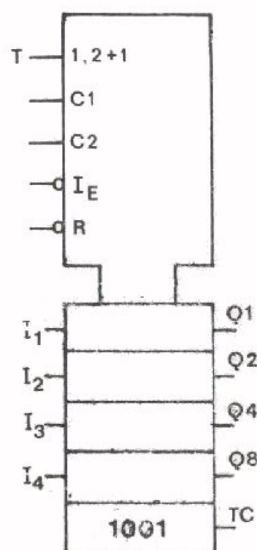
Met schakelaar S is de teller om te zetten in een binaire up-counter, S in Stand A, of in binaire down-counter, S in stand B.

● *BCD*-decade teller die van 0000 telt tot 1001 en daarna weer op 0000 begint.



Zodra 1010 verschijnt moet de teller op 0000 gereset worden.
Dit gebeurt door alle tellers een reset-impuls te geven.

- *Decade-teller.*



- Symbool van een decade-teller.

T-ingang voor tellen van impulsen bij +1 optellen, bij -1 aftellen.
(Worden geteld als C1, C2 en C3 "1" zijn).

R- reset-ingang.

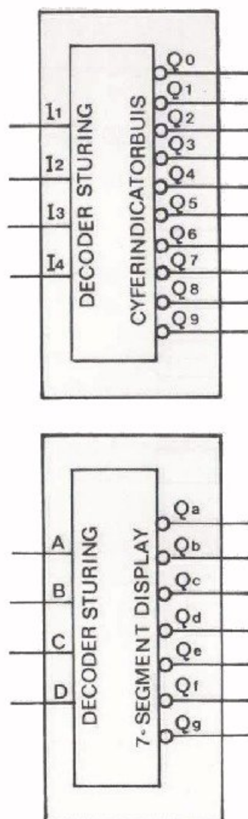
Q1, Q2, Q4 en Q8-uitgangen die het binaire getal weergeven.

TC wordt na de 9de impuls "1", na de 10de impuls weer "0".
(Aangegeven met 1001).

C_1, C_2: hiermede is een drie decaden teller te maken.

Een gewenste binaire uitgangstoestand is aan te brengen door de informatie aan I_1, I_2, I_4 en I_8 toe te voeren, daarbij moet $I_E = 0$ zijn.

- Decodeerschakelingen.



Binair-decimaal decodeerschakeling.
N74141 is een decoder dat een binair getal omzet in een decimaal cijfer, als een cijferindicatorbuis aangesloten wordt.
De betreffende uitgang is dan "0".

N74147 is een decoder die zodanig decodeert, dat bij het aansluiten van een "7-segment display" de betreffende segmenten oplichten.
De betreffende uitgangen zijn dan "0".

Wanneer binair 0110 wordt toegevoerd, dan wordt:
uitgang Q6 "0" bij de N74141,
uitgangen c, d, e, f en g "0" bij de N74147.

TEST UZELF

12.

1Q 2Q 3Q 4Q

1J S C1 R 1K

T

S

Bij bovenstaande schakeling van een teller wordt bij t = 0 de schakelaar S even gesloten.

Vul de tijd-volgorde diagrammen verder in.

T 1 t

1Q t

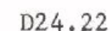
2Q t

3Q t

4Q t

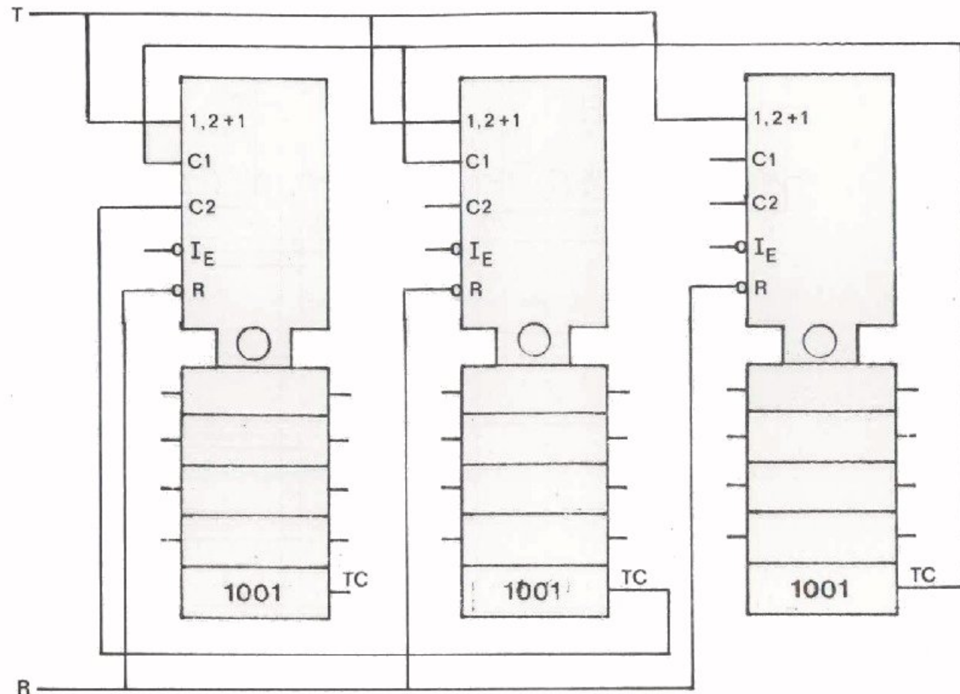
Geef in een functie-tabel de waarden van 1Q, 2Q, 3Q en 4Q telkens tijdens een impuls van T.

4Q	3Q	2Q	1Q
0	0	0	0



TEST UZELF

13.



- Dit is het schema van een

- De aanduiding 1001 bij TC wil zeggen:

- +1 bij T geeft aan:

- **1, 2,3 bij T geeft aan:**

- Na 69 impulsen, vanaf een Reset-impuls, geldt:

	3	2	1
Q1			
Q2			
Q4			
Q8			
TC			

14.

- Van bovenstaande teller is de uitgangstoestand:
  1Q = 0, 2Q = 0, 3Q = 0 en 4Q = 1.

  Welk cijfer licht op? Cijfer [ ] .

- Wordt vervolgens viermaal een volledige periode van een impulsvormige spanning T toegevoerd, welk lampje brandt dan?

  Lamp [ ] .

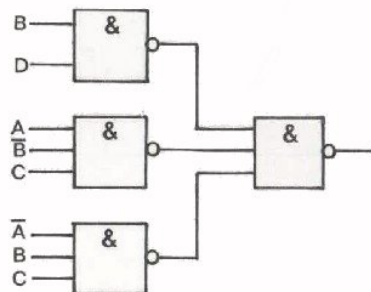
- Indien nogmaals vier volledige perioden van T worden aangeboden, welk lampje brandt dan?

  Lamp [ ] .

TEST UZELF

15. Onderstaande schakeling is een gedeelte van een decoder voor een "7-segment display".

Voor welke cijfers zal het daarbij behorende segment *niet* oplichten?



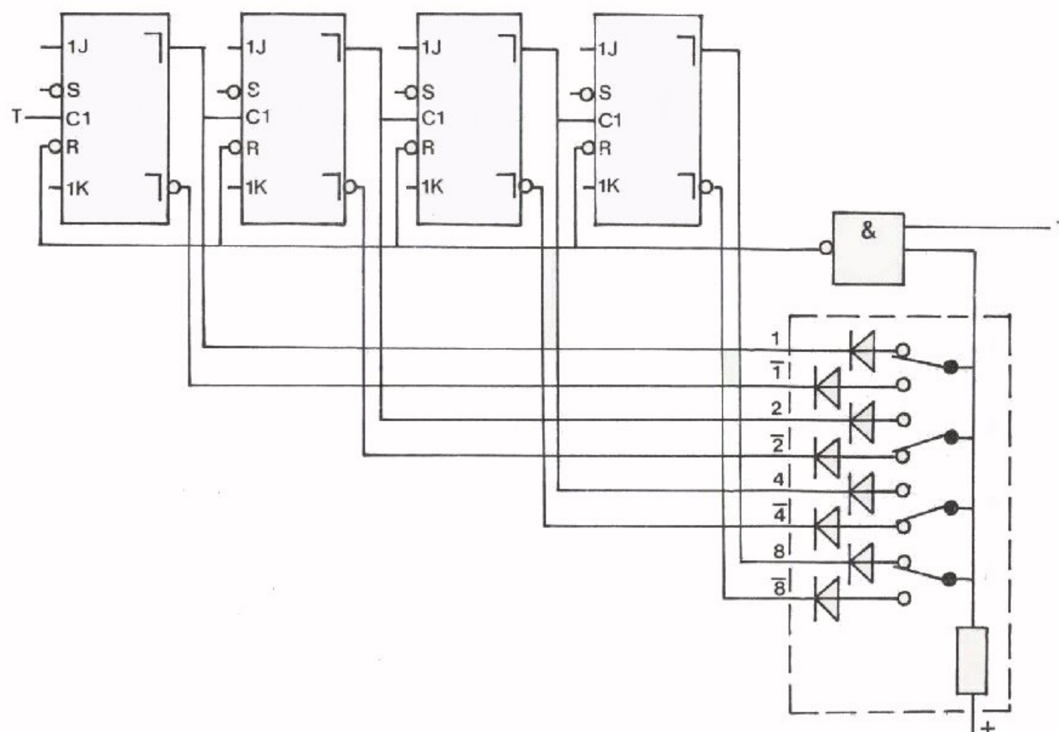
Cijfers

Welk segment uit het display wordt gestuurd?

Segment

Decimale cijfer	binair getal				7 segment uitlezing						
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0

16.



In welke stand staat de duimwielschakelaar ingesteld?

Welke decimale getallen zijn met deze teller te tellen?

17. Teken het schema van een asynchrone up- en down-counter die van 000 t/m 111 en omgekeerd kan tellen.

